



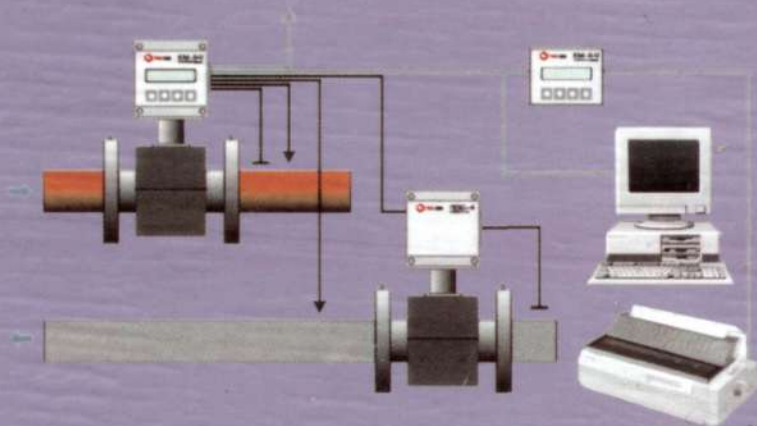
**А.К.Бабіченко, В.І.Тошинський, В.С.Михайлов, В.І.Молчанов,
М.О.Подустов, О.В.Пугановський, В.І.Вельма**

ПРОМИСЛОВІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Частина 2

Регулювальні і виконавчі пристрої

За заг. ред. А.К. Бабіченка



Харків 2001

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

**А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов, В.І. Молчанов,
М.О. Подустов, О.В. Пугановський, В.І. Вельма**

ПРОМИСЛОВІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Частина 2

Регулювальні і виконавчі пристрої

За заг. ред. А.К. Бабіченка

**Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний
посібник для студентів вищих навчальних закладів**

Харків 2003

УДК 681.5(075.8)
ББК 32.965 я 73
П81

Рецензенти: В.А. Реньов, зав. каф. автоматизації виробничих процесів Харківського національного університету будівництва і архітектури, д-р техн. наук, проф.;
В.С. Кисельов, головний метролог Головної організації Метрологічної служби Мінпромполітики України, м. Харків.

Гриф наданий Міністерством освіти і науки України, лист № 14/18.2-151 від 27.01.2003 р.

П81 А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов, В.І. Молчанов, М.О. Подустов, О.В. Пугановський, В.І. Вельма. Промислові засоби автоматизації. Ч. 2. Регулювальні і виконавчі пристрої / За заг. ред. А.К.Бабіченка: Навч. посібник. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2003 р. – 658 с.

ISBN 966-593-232-2
ISBN 966-593-292-6

У другій частині навчально-довідникового посібника узагальнені і класифіковані відомості по вторинним приладам, агрегатним комплексам технічних засобів автоматизації, мікропроцесорним регулювальним пристроям, підсилювачам потужності, а також виконавчим пристроям з пневмоприводом і електроприводом. Наведені номенклатура, технічні характеристики, функціональні можливості, схеми для зовнішніх з'єднань, рекомендації по вибору, експлуатації та монтажу пристроїв.

Призначено для студентів спеціальності “Автоматизоване управління технологічними процесами”, а також спеціалістів, що займаються проектуванням, монтажем, експлуатацією і наладкою систем автоматизації.

Іл. 286. Табл. 155. Бібліогр. 22 назв.

ББК 32.265 я 73

П81

© А.К. Бабіченко,
В.І. Тошинський,
В.С. Михайлов,
В.І. Молчанов,
М.О. Подустов,
О.В. Пугановський,
В.І. Вельма.

ISBN 966-593-232-2
ISBN 966-593-292-6

© НТУ “ХПІ”, 2003 р.

Ефективність експлуатації сучасних виробництв в значній мірі визначається не тільки рівнем суто технологічного процесу, але і рівнем автоматизованої системи керування. При цьому ефективність функціонування автоматизованої системи керування залежить від обраної технічної структури системи, яка визначає необхідність застосування тих чи інших комплексів технічних засобів автоматизації. Тому у навчально-довідниковому посібнику наведені різноманітні пристрої, що дозволяють побудувати систему автоматизації будь-якої складності. Основна увага зосереджена на номенклатурі, технічних характеристиках, функціональних можливостях, схемах зовнішніх підключень і умовах застосування вторинних приладів, регулювальних і виконавчих пристроїв, що дозволяє здійснювати вибір окремих засобів у відповідності з вимогами до тієї чи іншої системи автоматизації. Досить широко представлена номенклатура по виконавчим пристроям та по їх сучасним фірмам-виготовникам.

Важливим завданням при виконанні курсових і дипломних проєктів по спеціальності є оцінка техніко-економічної ефективності системи автоматизації, що вимагає знання вартості тих чи інших засобів автоматизації. Тому у додатку наведені відомості по окремим технічним засобам. Представлений матеріал викладений в об'ємі, що необхідний для практичної діяльності майбутнього інженера та буде сприяти подальшому удосконаленню знань і навичок в області автоматизації.

Посібник написаний на підставі досвіду викладання в НТУ “ХПІ” на кафедрі “Автоматизації хіміко-технологічних систем і екологічного моніторингу” таких дисциплін як “Технічні засоби автоматизації”, “Виконавчі механізми і регулювальні органи”, “Технологічні вимірювання і прилади” та практичної роботи по створенню систем автоматизації.

Автори висловлюють подяку: рецензентам за цінні зауваження і пропозиції: зав. відділом автоматизації Рамшову В.А. (НДІОХІМ, м. Харків) і головному спеціалісту з КВП і А Луцьову І.В. (АО НТП “УкрПромЕнерго, м. Харків) за допомогу інформаційними матеріалами; аспірантці кафедри АХТС і ЕКМ Бабіченко Ю.А. за виконання розрахунків до розд. 5; студентам спеціальності Фролову Д.С., Наконечному О.М., Грибуті С.О., Апшай А.В. за виконання графічного матеріалу і комп'ютерний набір тексту.

1. ВТОРИННІ ПРИЛАДИ

1.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.

Вторинні прилади призначені для забезпечення дистанційного контролю різних технологічних параметрів, а у залежності від наявності умонтованих функціональних пристроїв додатково дозволяють здійснювати: перетворення сигналу з одного виду у інший уніфікований; сигналізацію межових значень відхилень параметрів від номінального значення; позиційне, пропорційне, пропорційно-інтегральне, пропорційно-інтегрально-диференційне регулювання. За кількістю контролюємих точок прилади розподіляються на одно- і багатоточечні. Багатоточечні прилади оснащені перемикачами, що автоматично здійснюють підключення до вимірювальної схеми кола первинних перетворювачів і комутацію вихідних кіл. За способом відліку показань вторинні прилади можуть бути показуючими (цифровими), самопишучими, комбінованими, підсумовуючими та інтегруючими. *Показуючі* – це прилади, у яких значення величини, що вимірюється, під час вимірювання вказується на відліковому пристрої. Серед відлікових пристроїв відрізняють шкальні і цифрові. Останні бувають механічні чи світлові. Механічні відлікові пристрої використовують у тих цифрових приладах, де вимірювана величина перетворюється у відповідні кути повороту валів. Світлове табло, складається, як правило з системи індикаторних ламп чи зроблено у вигляді рідинно-кристаличного індикатора (ЖКИ) і висвітлює ті чи інші цифри у приладах, у яких вимірювані величини перетворюються у визначену послідовність імпульсних сигналів. Найбільше застосування мають шкальні відлікові пристрої, які можуть бути як нерухливі, так і рухливі, рівномірні і нерівномірні. Шкала, нульова позначка яких співпадає з початком чи кінцем шкали, називаються однобічними. У двобічних шкалах нульова позначка не співпадає з початком чи кінцем шкали. Шкала може бути і безнульовою, якщо вона не має нульової позначки. *Самопишучі* (реєструючі) прилади оснащені пристосуваннями, що автоматично записують на паперових стрічці чи диску поточне значення вимірюваної величини за часом. При цьому на паперовій стрічці (диску) пером викреслюється безперервна лінія чи на стрічці друкується числове значення відліків на відповідному рівні технологічного параметра. *Інтегруючий* прилад здійснює інтегрування вимірюваного параметра за часом чи іншій незалежній змінній величині. *Підсумовувачий* прилад функціонально пов'язує показання з підсумком двох чи декількох величин, що підводяться до нього по двом незалежним каналам. *Комбіно-*

вані прилади можуть поєднувати усі перелічені вище способи відліку показань.

У залежності від умов експлуатації прилади виготовляються у наступних виконаннях: звичайному, звичайному з іскробезпечною вимірювальною схемою, тропічному, тропічному з іскробезпечною вимірювальною схемою, для застосування на об'єктах ядерної енергетики. Звичайне виконання відповідає температурі навколишнього повітря у діапазоні $5 \div 50^\circ\text{C}$ з відносною вологістю до 80%, а тропічне – у діапазоні $5 \div 50^\circ\text{C}$ з відносною вологістю до 98%.

За принципом дії вимірювальної схеми у промисловості найчастіше застосовуються мілівольтметри, логометри, автоматичні мости, потенціометри, прилади с диференціально-трансформаторною схемою, з струмовим входним уніфікованим сигналом, а також пневматичні вимірювальні прилади. Усі ці прилади у залежності від умонтованих функціональних пристроїв можуть мати різні модифікації.

Мілівольтметри призначені для вимірювання температури у комплекті з термоелектричними термометрами та радіаційними пірометрами і відносяться до приладів магнітоелектричної системи, принцип дії яких оснований на взаємодії провідника зі струмом, що визначається електро рушійною силою термопари, і магнітного поля постійного магніту. Вимірювальний механізм складається (див. рис.1.1) з рамки, що обертається у рівномірному полі постійного магніту навколо залізного сердечника.

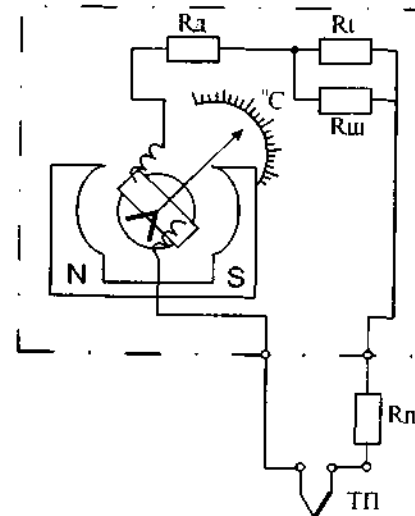


Рис. 1.1 Принципова схема мілівольтметра: R_d – опір, що визначає діапазон вимірювання приладу; R_t – термокомпенсатор (напівпровідниковий термоопір з негативним температурним коефіцієнтом), що запобігає впливу температури навколишнього середовища на параметри схеми приладу; $R_{ш}$ – шунт термокомпенсатора для підгонки його опору; R_p – підгоночний опір (котушка) для доводки опірності зовнішнього кола мілівольтметра до значення, вказаного на шкалі приладу.

Рамка виконана з мідного дроту. Жорстко з рамкою зв'язаний показчик, на протилежному кінці якого розташовані два вантажки – противаги

для балансування рухливої системи. Рамка підключається до електричного вимірювального кола за допомогою протидіючих (повертання на нуль за відключенням приладу) спіральних пружин, або за допомогою розтягувача чи підчеплювача при кріпленні на них рамки.

Приєднання термоелектричного термометра ТП до приладу здійснюється за допомогою термоелектродного дроту (див. Ч.1, розд. 5.4.), а з метою усунення похибки у вимірах, що виникає внаслідок відхилення температури вільних кінців від 0°C , застосовують найчастіше компенсаційні коробки (див. розд. 2.2.).

Потенціометри (див.рис. 1.2) призначені для вимірювання і ресстрації температури (у комплекті з термоелектричними перетворювачами та радіаційними пірометрами) і інших технологічних параметрів, які можуть бути перетворені у сигнали напруги постійного струму.

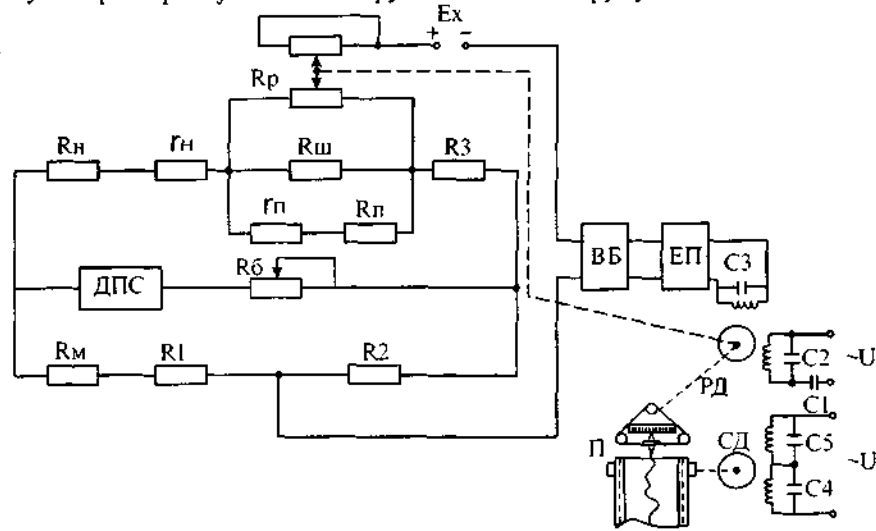


Рис. 1.2 Принципова схема автоматичного електронного потенціометра: R_p – еквівалентний опір реохорда; R_n – опір для завдання початку шкали приладу; r_n – опір для точної підгонки початку шкали; R_p – опір для завдання меж вимірювання потенціометра; r_p – опір для точної підгонки меж вимірювання; R_1, R_2, R_3 – опірності постійного значення для певної НСХ термопари і меж вимірювання приладу; R_m – мідний опір (термокомпенсатор) для усунення впливу відхилення температури вільних кінців термопари від градуовального значення; R_b – опір для обмеження і регулювання робочого струму у колі джерела стабілізованого живлення (ДПС); ЕП – електронний підсилювач; РД, СД – реверсивний і синхронний двигуни; ВБ – віброперетворювач чи модулятор.

Принцип потенціометричного метода вимірювання оснований на врівноважуванні (компенсації) термоЕДС, що вимірюється, відомою різницею потенціалів, утвореною допоміжним джерелом струму. Вимірювання напруги постійного струму, що надходить на вхід потенціометра, здійснюється методом порівнювання з відомою напругою постійного струму, що знімається з движка реохорда.

При зміні сигналу E_x , що надходить від первинного перетворювача, на вході ЕП виникає напруга розбалансу, що призводить до руху РД, вал якого буде обертатися у той чи інший бік у залежності від знаку розузгодження (більше чи менше попереднього нового значення ЕДС) до тих пір, доки існує напруга розбалансу. У момент рівноваги вимірювальної схеми сигнал на вході ЕП становить рівним нулю і РД зупиниться. При цьому положення покажчика П визначить значення параметра. Усі опірності вимірювальної схеми (крім R_m) виготовляють з манганінового стабілізованого дроту. Опір R_m розташовується звичайно безпосередньо біля затискачів приладу вільних кінців термоелектродних дротів, живлення ЕП здійснюється напругою змінного струму, а струм розбалансу, що надходить з вимірювальної схеми потенціометра, – постійний. У зв'язку з тим для узгодження напруг в автоматичних потенціометрах ЕП мають вхідний пристрій, що складається з віброперетворювача чи модулятора і вхідного трансформатора.

Врівноважені мости призначені для вимірювання і ресстрації температури у комплекті з термоперетворювачами опору та інших технологічних параметрів, які можуть бути перетворені у сигнали зміни активного опору. Принципова схема автоматичного електронного моста представлена на рис. 1.3.

При зміні сигналу R_{tc} , що надходить від первинного перетворювача, мостова схема виходить з рівноваги і на вході ЕП з'являється сигнал розбалансу. ЕП приводить у дію РД, вал якого переміщує покажчик П і повзунок реохорда R_p до настання нового стану рівноваги мостової схеми. Усі опірності за виконанням ідентичні попередньому приладу. Термоперетворювач R_{tc} підключається звичайно за трипровідною схемою, перевагою якої є виключення впливу температури навколишнього середовища на результати виміру. Термоперетворювачі з'єднують з мостом за допомогою мідного дроту чи кабелем перерізом $1,5 \text{ мм}^2$, що прокладається у надійно заземлених трубах чи метало рукавах для захисту від впливу електромагнітних полів.

Логометри за призначенням ідентичні мостам, але за принципом дії відносяться до приладів магнітоелектричної системи. Рухлива частина логометрів на відміну від мілівольтметрів складається з двох жорстко скріплених поміж собою рамок, розташованих під деяким кутом. Принципова схема логометра наведена на рис. 1.4.

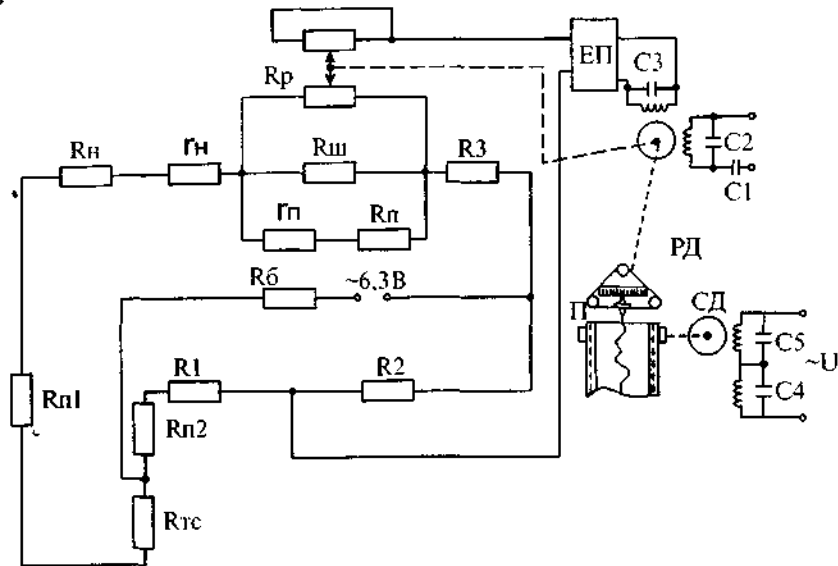


Рис. 1.3. Принципова схема автоматичного електронного моста: $R_{тс}$ – термоопір; Π , R_p , R_n , G_n , $R_{п1}$, $G_{п1}$, R_6 , $EП$, $PД$, $CД$ (див. рис. 1.2.); $R_{п1}$, $R_{п2}$ – додаткові (підгоночні) опори, що доводять опір лінії зв'язку до стандартного значення $R_{вн}$, зазначеного на шкалі приладу.

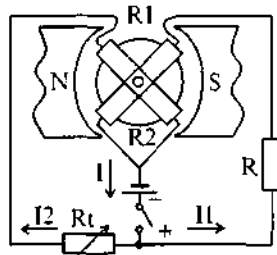


Рис. 1.4. Принципова схема логометра.

Постійний магніт містить циліндричні виточки, центри яких зміщені відносно центра сердечника. Поміж полюсними наконечниками розташований циліндричний сердечник із сталі, навколо якого обертається рухлива система з двох рамок R_1 і R_2 . До рамок прикріплена стрілка, що переміщується вздовж шкали. Шкали проградуїрована у градусах. Повітряний зазор між полюсними наконечниками і сердечником нерівномірний, завдяки чому магнітна індукція змінюється. Найбільша її величина у середині наконечників і найменша – по краях. До рамок підведений струм від загального джерела живлення (батарея). В рамку R_1 струм надходить через постійний резистор R , а у рамку R_2 – через термометр опору $R_t = f(t)$. Напрямок сил струму I_1 і I_2 такий, що обертальні моменти рамок направлені назустріч один одному.

За умови $R = R_t$, буде $I_1 = I_2$, тобто обертальні моменти рамок од-

накові, а отже рухлива система буде знаходитись у середньому положенні. При зміні опору R_t внаслідок зміни температури через одну з рамок потече струм більшої величини, рівність обертальних моментів порушиться, і рухлива система почне повертатись у бік дії більшого моменту. При обертанні рухливої системи рамка, по якій тече струм більшої сили, попаде у зазор з меншою магнітною індукцією, внаслідок чого діючий на цю рамку момент зменшиться. Інша рамка у цей же час входить у зазор з більшою магнітною індукцією, і її момент збільшиться. Обертання рамок буде відбуватись до тих пір, доки їх обертальні моменти не стануть рівними. Рухлива система зупиниться, а стрілка приладу вкаже по шкалі значення температури. Для збільшення чутливості рамки логометра включають у мостову схему, що дозволяє здійснити і температурну компенсацію за три провідною схемою ідентично розглянутій вище.

Прилади із струмовим вхідним уніфікованим сигналом призначені для вимірювання різних технологічних параметрів, перетворених у сигнал постійного струму з уніфікованим діапазоном зміни. Принципова схема приладу (див. рис. 1.5) несуттєво відрізняється від схеми автоматичного потенціометра.

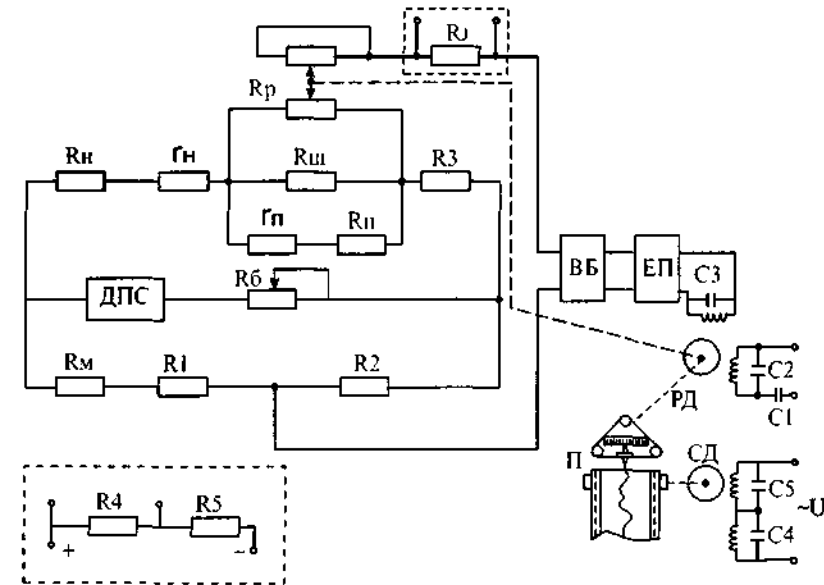


Рис. 1.5. Принципова схема автоматичного приладу з струмовим вхідним сигналом (а) та дільник для приладів з вхідним сигналом у формі напруги постійного струму (б).

Струмовий уніфікований сигнал перетворюється за допомогою шун-

та R_i у падіння напруги, яка змінюється у діапазоні 0-10 мВ. Це падіння напруги порівнюється з напругою, що утворюється у діагоналі мостової схеми. Отриманий сигнал розузгодження надходить далі на вхід ЕП. Для вимірювання уніфікованого сигналу у вигляді напруги 0-10 В постійного струму на вході приладів встановлюють звичайно дільники напруги R_4 і R_5 (рис. 1.5 б) з метою подачі напруги 100 мВ чи 20 мВ чи 50 мВ у залежності від серії вторинних приладів, що знімається з резистора R_4 .

Прилади з диференціально-трансформаторною схемою призначені для вимірювання і реєстрації різних технологічних параметрів, перетворених у зміну величини взаємоіндуктивності.

Робота приладу основана на принципі слідкувального врівноваження. Переміщення плунжера диференціально-трансформаторного первинного перетворювача ДТП1 (див. рис 1.6.), яке здійснюється його чутливим елементом, буде пропорційним величині вимірюваного параметра.

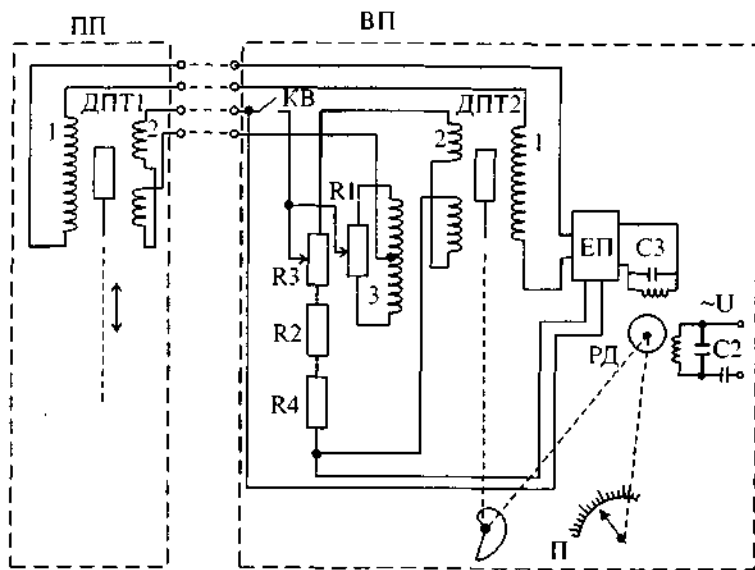


Рис. 1.6. Принципова схема автоматичного приладу з диференціально-трансформаторним входом (ВП) у комплекті з первинним перетворювачем (ПП).

В автоматичний прилад також умонтований ідентичний ДТП2, плунжер якого переміщується за допомогою профільованого лекала реверсивним двигуном РД. Первинні обмотки 1 обох перетворювачів з'єднані послідовно і підключені на напругу змінного струму 24 В від електронного

підсилювача ЕП, а вторинні обмотки 2 з'єднані назустріч одна одній з виходом на ЕП. Значення і фаза напруги, що індукується у вторинних обмотках, залежить від положення плунжерів у котушках ДТП1 і ДТП2. При розузгодженні положення плунжерів на вхід ЕП надходить напруга розбалансу. ЕП приводить до дії РД, який переміщує покажчик П і за допомогою лекала плунжер у котушці вторинного приладу до тих пір, доки напруга розбалансу не стане нижче порога чутливості ЕП. Для контролю справності приладу передбачена кнопка КВ. При натисканні цієї кнопки вторинна обмотка ДТП1 закорочується і на вхід ЕП надходить незначна визначена напруга, що призводить до встановлення покажчика П на контрольну позначку.

У котушці ДТП2 вторинного приладу передбачена також третя додаткова обмотка 3 з середньою точкою, яка шунтується змінним опором R_1 і вмикається послідовно з вторинними обмотками котушок ДТП1 і ДТП2. Опір R_1 призначений для корегування нуля приладу. Діапазон шкали приладу корегується дільником, що складається із змінного R_3 і постійного R_4 опорів. Останні шунтують вторинну обмотку ДТП2 приладу. З метою усунення впливу температури навколишнього середовища на показання приладу встановлюється мідний термокомпенсатор R_2 . Прилади звичайно можуть мати два рівня входних сигналів 0-10 і (-10) - 0-10 мВ та два види профільованих лекал - з лінійною чи квадратною характеристикою.

Пневматичні вимірювальні прилади призначені для контролю і реєстрації різних технологічних параметрів, величини яких перетворені в уніфікований пневматичний сигнал 0,02-0,1 МПа. Живлення приладів здійснюється стислим очищеним і осушеним повітрям тиском 0,14 МПа. Прилади системи СТАРТ виконані на базі уніфікованої системи елементів промислової пневмоавтоматики УСЕППА.

Дія вимірювальних систем вторинних пневматичних приладів основана на компенсаційному принципі вимірювання, за якого зусилля у входному чутливому елементі, що виникає від входного тиску $P_{вх}$, врівноважується зусиллям, яке розвивається елементом зворотного зв'язку. Самописні прилади містять електричний (з позначенням наприкінці буквою Э) чи пневматичний (позначення П) привід діаграмної стрічки.

У приладах типу ФК (рис. 1.7.) тиск $P_{вх}$ від первинного перетворювача надходить у внутрішню порожнину сильфона 5, а тиск живлення $P_{ж}$ крізь постійний дросель 3 прямує у лінію, що з'єднує сопло 7 з силовим елементом 11. Із зміною $P_{вх}$ сильфон переміщує важіль 4, що призводить до зміни зазору поміж соплом 7 і заслінкою 8, яка знаходиться на кінці важеля 4. Це викличе зміну тиску у лінії сопла, а отже, і в силовому елементі 11. При цьому почне переміщення сферична пружиста мембрана силового елемента і натискаючий на неї важіль 10.

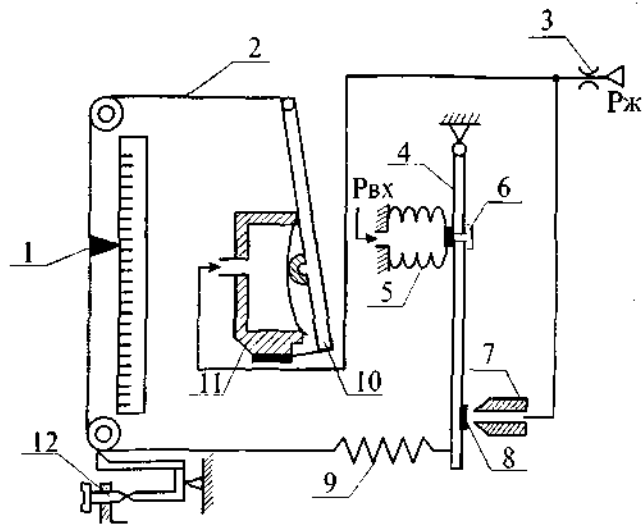


Рис. 1.7. Принципова вимірювальна схема пневматичних приладів типу ФК (ПВ).

Останній за допомогою лавсанової ниті 2 і пружини зворотного зв'язку 9 зв'язаний з важелем 4. Пружина 9 розтягується і утворює зусилля, що діє зворотно зусиллю, утвореному на силовому елементі 11. Отже зусилля від тиску $P_{вх}$ на сильфоні 5 зрівноважується зусиллям в лінії зворотного зв'язку. Переміщення важеля 10 силового елемента передається покажчику 1 і перу для запису на діаграмі. Початкове положення стрілки при $P_{вх} = 0,02$ МПа встановлюється обертанням гвинта 12 коректора нуля. Настроювання діапазону вимірювання приладу при $P_{вх} = 0,1$ МПа здійснюється зміною кількості робочих витків пружини 9, а грубе встановлення нуля приладу – за допомогою гвинта 6 сильфона 5.

У приладах типу ПК (рис. 1.8.) зміна $P_{вх}$ призводить до зміни зазору між важелем 3 сильфона 2 і соплом 4, що викликає зміну тиску повітря у лінії сопла, а отже, в пневмоприводі 8. При цьому переміщується мембрана 9 пневмопривода 8. Поршень 10, що тисне на мембрану 9, прикріплений до важеля 11. Останній повертає ролик 6 на кут необхідний для досягнення рівноваги на важелі між зусиллями від тиску у сильфоні 2 і пружини зворотного зв'язку 5. У відповідності з кутом повороту ролика здійснюється пропорційне переміщення покажчика відносно шкали. Важіль 11 повернеться у початковий стан за допомогою пружини 7 при $P_{вх} = 0,02$ МПа. Для настроювання положення покажчика на нуль служить гвинт ко-

ректора нуля 1.

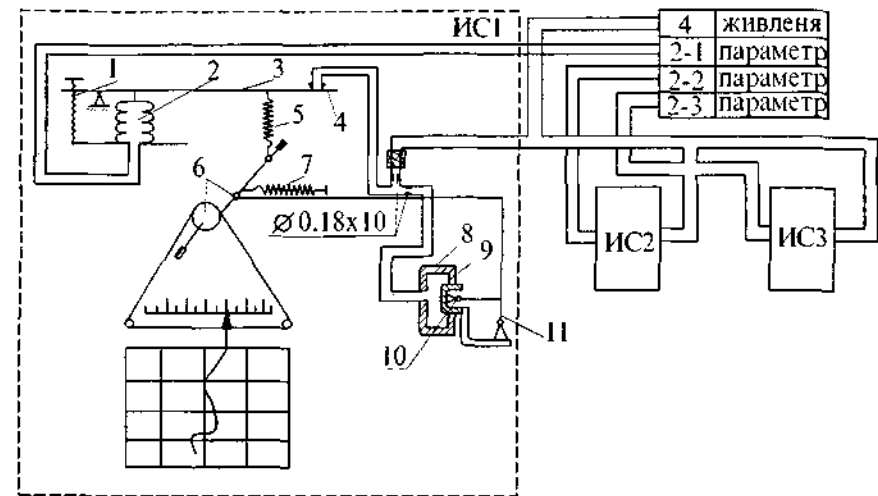


Рис. 1.8. Принципова вимірювальна схема (ИС) пневматичних приладів типу ПК.

1.2. ПРИЛАДИ ПОКАЗУЮЧІ І РЕЄСТРУЮЧІ СЕРІЇ ДИСК-250

Прилади показуючі і реєструючі серії ДИСК-250 призначені для вимірювання і реєстрації активного опору, сили та напруги постійного струму, а також неелектричних величин, перетворених в указані вище сигнали. Забезпечують сигналізацію і регулювання параметрів технологічного процесу, перетворення вхідного сигналу у вихідний безперервний струмовий сигнал. Випуск серії цих приладів у залежності від функціонального призначення здійснюється у шести модифікаціях, основні технічні характеристики яких наведені у табл. 1.1.

У залежності від додаткових функціональних можливостей прилади мають різне виконання позначення, якого складається з чотирьох цифр і входить до загального позначення приладу після модифікації. Можливі виконання приладів зведені до табл. 1.2., а деякі можливі виконання приладів модифікації ДИСК-250 наведені у табл. 1.3.

Прилади ДИСК-250 у відповідності з табл. 1.2. і 1.3. завдяки умонтованим додатковим функціональним пристроям забезпечують: перетворення вхідних сигналів у вихідний електричний сигнал постійного струму 0-5 чи 4-20 мА; трипозиційне регулювання контактне (релейне) чи безконтактне з незалежним встановленням нижньої і верхньої меж зони регулювання; двопозиційну сигналізацію з релейним виходом.

Таблиця 1.1. Модифікації та основні технічні характеристики приладів серії ДИСК-250.

Виконання	Вхідні сигнали (вхідний опір)			
	НСХ термперетворювача опору	НСХ термоелектричного перетворювача	Постійний струм чи напруга	Сигнали від дроселів чи фольгових тензорезисторів
ДИСК-250	50П, 100П, 50М, 100М	ХК(Л), ХА(К), ПП(С), ПР(В) (понад 200кОм)	0-50 мВ, 0-100мВ, 0-5 В, 0-10 В (понад 100 кОм), 0-5 мА, 4-20 мА (до 12 Ом)	-
ДИСК-250П				
ДИСК-250И				
ДИСК-250ДД	-	-	0-5 мА (до 0,5 кОм), 4-20 мА (до 0,2 кОм)	-
ДИСК-250ТН	-	-	-	0,05÷1,6 кОм
ДИСК-250С	-	ПР(В), ВР(А)	-	-

Примітка: підключення термоперетворювачів опору до приладу здійснюється за 4-х провідною лінією зв'язку; діапазони вимірювання (шкали) приладів з вхідними сигналами від термоопорів та термопар відповідають межах наведеним у табл. 7.1 і 7.2. (див. Ч.1); а з вхідними уніфікованими сигналами постійного струму, напруги і тензорезисторів наступні - (0÷100%, 0-5 мА, 4-20 мА, 0-5 В, 0-10 В).

Прилади з релейним регульовальним пристроєм комплектуються двома реле типу РЭК 28-1 (ПЭ-37-22У3 у застарілих модифікаціях). Вони встановлюються зовні приладу, мають чотири контакти (НЗ і НО), що перемикаються, з навантажувальною здатністю до 380 В по напрузі змінного струму і до 220 В по напрузі постійного струму при розривній потужності відповідно 1,5 кВА і 1кВА. Напруга постійного струму на виході безконтактного регульовального пристрою при виході параметра за межі і знаходженні параметра у межах зони регулювання складає 24 В і 1В відповідно з опором навантаження 0,3 кОм та номінальною напругою живлення 220 В з частотою 50 Гц.

Навантажувальна здатність пристрою сигналізації не перевищує 127 В і 1А. Загальний вигляд та габаритні розміри приладу наведені на рис. 1.9., а схема для зовнішніх електричних підключень – на рис. 1.10.

Таблиця 1.2 Виконання приладів серії ДИСК-250 у залежності від додаткових функціональних можливостей.

Код цифрового позначення	Функціональні можливості				
	Перша цифра коду (А)		Друга цифра коду (В)	Третя цифра коду (С)	Четверта цифра коду (D)
	Швидкодія, С	Час одного оберту диска	Тип вихідного пристрою	НСХ датчика, вхідний сигнал	Напруга, частота живлення
0	-	--	Відсутній	---	---
1	16	24 год.	Трипозиційний безконтактний регульовальний	ХК(Л), ХА(К), ПП(С)	220 В, 50 Гц
2	5	24 год.	Трипозиційний контактний (релейний) регульовальний *	ПР(В), 0-50, 0-100 мВ, 0-5, 0-10 В, 0-5, 4-20 мА	220 В, 60 Гц
3	16	8 год.	Пропорційно-інтегральний регульовальний	50П, 100П, 50М, 100М	240В, 50 Гц
4	5	8 год.	Пропорційно-інтегральний пневматичний регульовальний **	0-5 мА з БП і БК	240 В, 60 Гц
5	5	6 хвил.	Пропорційний безконтактний регульовальний	4-20 мА з БП і БК	-
6	16	6 діб	Програмний контактний (релейний) регульовальний	0-5 мА з БП, 4-20 мА з БП	-
7	5	6 діб	Пристрій "Сталь"	0-5 мА з БК	-
8	16	8 діб	-	4-20 мА з БК	-
9	5	8 діб	-	Тензорезистори з $R_{вих} = 0,05 \div 1,6$ кОм	-

Примітка: * два реле типу РЭК 28-1 комплектуються з приладом; ** комплектація приладу електропневмоперетворювачем ЭП – 1324; БП – умонтоване у прилад джерело живлення датчиків тиску; БК – умонтований у прилад пристрій витягання квадратного кореня; два двопозиційних пристрої сигналізації і пристрій перетворення присутній у будь-якому виконанні, окрім приладів де друга цифра має нульове значення; швидкодію 16 с можуть мати усі модифікації крім ДИСК-250ТН і ДИСК-250С; час оберту 6 хвил. – тільки для модифікації ДИСК-250С, 24 години – для всіх модифікацій окрім ДИСК-250С, а 8 год., 6 та 8 діб для всіх модифікацій окрім ДИСК-250ТН і ДИСК-250С; діапазон завдання уставок регулювання і сигналізації від 0 до 100% діапазону вхідного сигналу.

Таблиця 1.3. Виконання приладів модифікації ДИСК-250.

Модифікація приладу	Швидкість, с	Час одного оберту диска, год	Регульовальний пристрій	Вхідний сигнал	
1111	16	24	безконтактний	ТХК, ТХА, ТПП	
2111	5				
3111	16	8	релейний		
4111	5				
1211	16	24	релейний		
2211	5				
3211	16	8	безконтактний		ТПР, постійна напруга і струм
4211	5				
1121	16	24	релейний		
2121	5				
3121	16	8	безконтактний		
4121	5				
1221	16	24	релейний		
2221	5				
3221	16	8	Безконтактний	ТСП, ТСМ	
4221	5				
1131	16	24	релейний		
2131	5				
3131	16	8	Безконтактний		
4131	5				
1231	16	24	релейний		
2231	5				
3231	16	8	Безконтактний		
4231	5				

Додатково прилади модифікації ДИСК-250 можуть мати виконання з умонтованим пропорційно-інтегральним регульовальним пристроєм з струмовим вихідним сигналом 0-5 мА чи пневматичним сигналом 0,02-0,1 МПа.

Прилади ДИСК-250И мають вхідні іскробезпечні електричні кола з маркуванням по вибухозахисту Ex і aПС і встановлюються у приміщеннях зовні вибухонебезпечних зон. За можливим виконанням ідентичні приладам модифікації ДИСК-250.

Прилади ДИСК-250 ДД сприймають струмовий вихідний сигнал від датчиків надмірного тиску, рівня, перепаду тисків та інших, мають умонтовані джерела живлення (БП) датчиків з напругою 36 В і струмом 50 мА,

а також пристрій витягання квадратного кореню (БК). За можливим виконанням ідентичні приладам модифікації ДИСК-250.

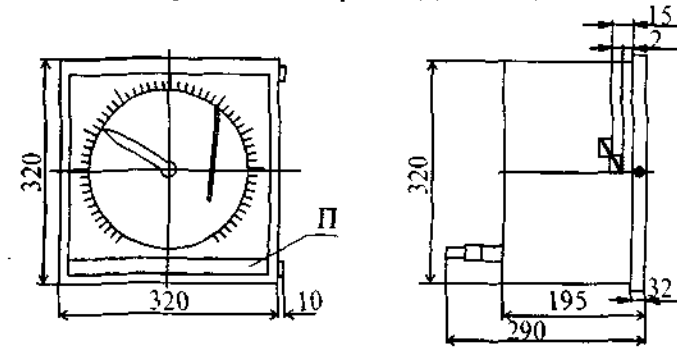


Рис. 1.9. Загальний вигляд та габаритні розміри приладу модифікації ДИСК-250: П - елемент кришки, на якому розміщені чотири кнопки і чотири резистори установки меж регулювання та сигналізації, чотири індикатори спрацьовування пристроїв регулювання і сигналізації, індикатор вмикання приладу і індикатор обриву кола первинного перетворювача (датчика).

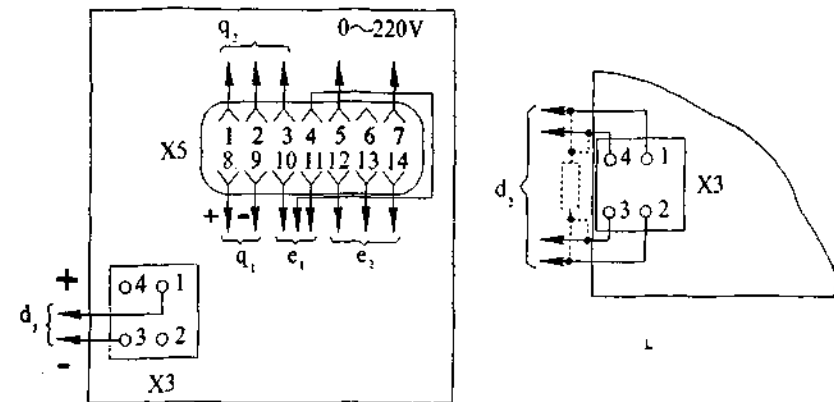


Рис. 1.10. Схема електричних підключень приладу модифікації ДИСК-250: d1- вхідне коло для підключення термоелектричних перетворювачів, сигналів постійного струму і напруги; d2- вхідне коло для підключення термоперетворювачів опору (кл. 3 і 4 - коло живлення, кл. 1 і 2 - коло вимірювання); q1- коло пристрою перетворення у сигнали постійного струму; q2- коло регульовального пристрою (кл. 1- багато, кл.3- мало, кл.2 - загальна); e1- коло сигналізуючого пристрою "менше" (кл. 10- контакт НЗ, кл. 11- контакт НР, кл.4 - загальна); e2- коло сигналізуючого пристрою "більше" (кл. 12- контакт НЗ, кл. 13- загальної, кл. 14 - контакт НР).

Прилади ДИСК-250П забезпечують регулювання параметра по типовій програмі. Програмний регулювальний пристрій з безконтактним чи контактним (релейним) виходом здійснює позиційне регулювання параметра за програмою, що складається з трьох ділянок: "Підняття", "Витримка", "Спад". Параметри ділянок (швидкість підвищення і зменшення завдання, рівень витримки значення параметру) задаються оператором. Також мають два двопозиційні пристрої сигналізації з релейним виходом.

Прилади ДИСК-250С дозволяють визначити послідовність дій оператора при проведенні вимірювань температури розплавленого металу в процесі плавки чи лиття завдяки умонтованому пристрою типу "Сталь", що формує три типи сигналів: "Готов", "Замір", "Час" (закінчення заміру). Температура, що визначає початок запису і час заміру (2 – 6с) задається оператором.

Прилади ДИСК-250ТН використовуються у силовимірювальних системах, де застосовуються тензорезистивні датчики з дрововими чи фольговими тензорезисторами, що включені за мостовою схемою. Містять умонтоване джерело живлення для тензорезисторних датчиків з вихідною напругою 6, 12 чи 24 В, а також можуть мати трипозиційний регулювальний пристрій з контактним виходом.

Усі можливі варіанти виконань приладів, що серійно виготовляються, зведені до табл. 1.4.

Таблиця 1.4. Можливі варіанти виконань приладів серії ДИСК-250.

Модифікація приладу	Наявність цифрового коду в загальному позначенні приладу			
	А (перша цифра)	В (друга цифра)	С (третя цифра)	Д(четверта цифра)
ДИСК-250	Всі коди (окрім 5)	Тільки коди 0÷4	Тільки коди 1÷3	Всі коди
ДИСК-250И		Тільки коди 1, 3, 4	Тільки коди 1, 2 (з НСХ-В), 3	
ДИСК-250П		Тільки коди 5, 6	Тільки коди 1÷3	
ДИСК-250ДД		Тільки коди 0÷4	Тільки коди 4÷8	
ДИСК-250С		Тільки код 5	Тільки код 7	

Основна похибка приладів серії ДИСК-250 (у відсотках від нормованого значення) не виходить за межі $\pm 0,5$ (по показанню і перетворенню)

± 1 (по реєстрації, регулюванню і сигналізації). Похибка приладів по показаннях, що викликана зміною напруги живлення від номінальної, не перевищує половини абсолютного значення меж припустимої основної похибки. Похибки приладів по показанням, що викликана зміною температури тр навколишнього повітря від 20°C до верхнього (нижнього) робочого значення, не перевищує значень, визначаємих за формулою:

$$\gamma t = k (t_p - 20), \quad (1.1)$$

де k – коефіцієнт пропорційності (% / °С), що дорівнює відповідно по показанням, перетворенню, регулюванню і сигналізації: (0,015; 0,03; 0,04 і 0,04) – для приладів з діапазоном зміни вхідного сигналу 10 мВ та більше, що не мають компенсацію термоЕДС вільних кінців термопар, і для приладів з відносною зміною вимірювального активного опору 25% та більше від його початкового значення (нижньої межі вимірювання); (0,025; 0,04; 0,05 і 0,05) – для приладів з діапазоном зміни вхідного сигналу 10 мВ і більше, що мають компенсацію термоЕДС вільних кінців термопар; (0,03; 0,045; 0,055 і 0,055) – для приладів з діапазоном зміни вхідного сигналу до 10 мВ за відсутності компенсації термоЕДС вільних кінців термопар і приладів з відносною зміною вимірюваного активного опору до 25% від його початкового значення; (0,04; 0,055; 0,065 і 0,065) – для приладів з діапазоном зміни вхідного сигналу до 10 мВ, що мають компенсацію термоЕДС вільних кінців термопар.

Похибка приладів, що викликана впливом зовнішнього магнітного поля напруженістю 400 А/м і утворена змінним струмом частотою 50 Гц, за самих несприятливих фази і напрямку поля не перевищує: абсолютного значення межі основної похибки для приладів з вхідними сигналами постійних напруги і струму та з діапазоном зміни вхідного сигналу 10 мВ і більше, а також приладів з відносною зміною вимірюваного активного термоопору 25% і більше від його початкового значення; двох абсолютних значень межі основної похибки для приладів з діапазоном зміни вхідного сигналу до 10 мВ і відносною зміною вимірюваного активного опору до 25% від його початкового значення. Кліматичне виконання звичайне і тропічне. Середня наробка на відмову складає 20000 год. Маса приладу – не більше 13 кг, споживча потужність – не більше 25 ВА.

Виготовник – ЗАТ "Промислова група "Метран" (м. Челябінськ).

Панелі керування пневматичні ПП12.2 і ДПУ.1 служать для роботи в комплекті з приладами серії 711Р, 712Р, ДИСК-250 та іншими, що містять умонтовані пневматичні регулятори, і призначені для дистанційного керування виконавчим механізмом(ИМ), безударної зміни режиму керування, контролю величини керуючого пневматичного сигналу в лінії ИМ, відключення регулятора від ИМ при ручному керуванні, контролю вихідного

БПДУ

тиску регулятора(до вимикаючого реле) при ручному та автоматичному керуванні.

Діапазон зміни вхідних і вихідних сигналів – (20÷100) кПа. Тиск стислого повітря живлення – 140 кПа. Межа припустимої основної похибки двох манометрів панелей не більше $\pm 2,5\%$ від верхньої межі вимірювання. Витрата повітря - не менше 20 л/хвил., а витрата повітря живлення – не більше 4 л/хвил(сталий режим). З'єднання із зовнішніми пневматичними лініями панелі штуцерне, маркування яких представлено на рис. 1.11.

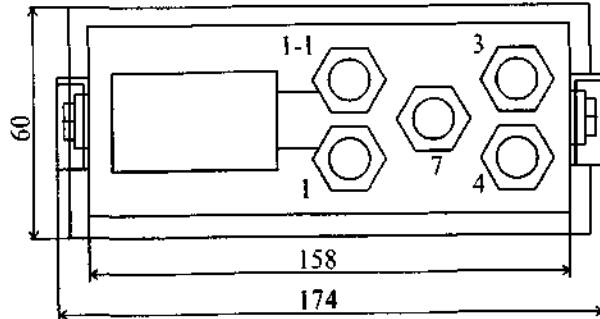


Рис. 1.11. Габаритні розміри та маркування штуцерів для зовнішніх з'єднань (довжина 157 мм): 1-вихід регулятора; 1-1- вихід регулятора до вимикаючого реле (ПП12.2) або вихід у камеру завдання регулятора (ДПУ.1); 3 -до вимикаючого реле регулятора; 7-вихід на ИМ; 4-живлення.

Застосовуються при температурі навколишнього повітря від (-10) до 60°C з відносною вологістю до 98%. Маса панелей не більше 1,6 кг.

Виготовник – АТ “Саранский приборостроительный завод” (м. Саранськ).

1.3. ПРИБАДИ ПОКАЗУЮЧІ, РЕЄСТРУЮЧІ СЕРІЇ КСД – 250

Прилади показуючі і реєструючі серії КСД-250 призначені для вимірювання і реєстрації сигналів в умовах 0÷10 чи (-10) ÷ 10 МГн від диференціально-трансформаторних датчиків тиску, рівня, напору. Забезпечують сигналізацію і регулювання параметрів технологічних процесів, перетворення вхідного сигналу у вихідний струмовий 0-5 і 4-20 мА чи частотний 4-8 кГц електричний сигнал. Струм обмотки збудження диференціально-трансформаторного перетворювача 125 мА. У залежності від функціональних можливостей може мати різні виконання і позначення якого складається з чотирьох цифр і входить до загального позначення приладу

після модифікації. Можливі виконання приладів зведені до табл. 1.5.

Таблиця 1.5. Виконання приладів серії КСД-250 у залежності від функціональних можливостей.

Код цифрового позначення	Функціональні можливості				
	Перша цифра коду (А)		Друга цифра коду (В)	Третя цифра коду (С)	Четверта цифра коду (Д)
	Швидкодія, с	Час одного оберт, год	Тип вихідного пристрою	Тип пристрою перетворення	Напруга, частота живлення
0	-	-	Відсутній	Відсутній	-
1	16	24	Трипозиційний безконтактний регулювальний	Струмовий з виходом 0-5 чи 4-20 мА	220 В, 50 Гц
2	5	24	Трипозиційний контактний (релейний) регулювальний*	Частотний з виходом 4-8 кГц	-
3	16	8	Пропорційно-інтегральний регулювальний	-	-
4	5	8	Пропорційно-інтегральний регулювальний**	-	-

Примітка: два 2-х позиційних пристрої сигналізації і пристрій перетворення присутні у будь-якому виконанні, окрім приладів де друга цифра в позначенні має нульове значення; * - прилад укомплектований двома реле типу РЭК 28-1; ** - прилад укомплектований електропневмоперетворювачем ЭП.1324; три лекала – квадратичне (при вимірюванні рівня, тиску, напору); діапазони вимірювання відповідають ДГСТ 18140 (див ч.1.); діапазон уставок завдання при регулюванні і сигналізації від 0 до 100% діапазону вхідного сигналу.

Вихідний сигнал за наявності ПІ – регулювального пристрою: 0-5 мА чи 0,02-0,1 МПа. Споживча потужність – не більше 32 ВА. Основна похибка (у відсотках від нормованого значення) не більше ± 1 (по показанням і перетворенню) і $\pm 2,5$ (по реєстрації, регулюванню і сигналізації). Кліматичне виконання звичайне. Габаритні розміри – 320x320x290 мм, а маса – не більше 17 кг.

Виготовник – ЗАТ “Промислова група “Метран” (м. Челябінськ).

1.4. ПРИЛАДИ ПОКАЗУЮЧІ СЕРІЇ КПІТ

Прилади показуючі серії КПІТ призначені для вимірювання активного опору, а також інших неелектричних величин, перетворених в уніфіковані сигнали сили і напруги постійного струму. Забезпечують сигналізацію і регулювання параметрів технологічного процесу, перетворення вхідного сигналу. У залежності від функціональних можливостей ці прилади мають різні виконання, позначення якого складається також з чотирьох цифр і входить до загального позначення після модифікації. Можливі виконання приладів зведені до табл. 1.6.

Таблиця 1.6. Виконання приладів серії КПІТ.

Код цифрового позначення	Функціональні можливості			
	Перша цифра коду (А)	Друга цифра коду (В)	Третя цифра коду (С)	Четверта цифра коду (Д)
	Швидкодія, с	Тип пристрою регулювання	НСХ датчика, вхідний сигнал	Напруга живлення, частота
1	10	-	ХК(Л), ХА(К), ПП(С)	220 В, 50 Гц
2	5	Трипозиційний з контактним (релейним) виходом (навантаження на напругу 220 В і струм 1 А)	ПР(В); 0-50, 0-100 мВ; 0-5, 0-10 В; 0-5, 4-20 мА	-
3	2,5	-	50П, 100П, 50М, 100М	-

Примітка: пристрій перетворення вхідних сигналів у вихідний уніфікований струмовий 0-5, 4-20 мА без лінеаризації та два двопозиційних пристрою сигналізації присутні у всіх виконаннях; діапазони вимірювання ідентичні приладам ДИСК-250; діапазон завдання уставок сигналізації і регулювання 0÷100% діапазону вхідного сигналу.

Кліматичне виконання – звичайне. Споживча потужність не перевищує 20 ВА. Габаритні розміри і маса відповідно: 160x200x420 мм і 7,5 кг. Виготовник – ЗАТ “Промислова група “Метран” (м. Челябинськ.)

1.5. ПОКАЗУЮЧІ І РЕЄСТРУЮЧІ ПРИЛАДИ СЕРІЇ А

Прилади за призначенням ідентичні попереднім і забезпечують сигналізацію про стан параметрів технологічного процесу (всі прилади серії

А) та перетворення вхідного сигналу у вихідний сигнал (тільки А100-Н). За способом представлення інформації прилади можуть бути: показуючі; показуючі і реєструючі. Модифікації і основні технічні характеристики приладів серії А наведені у табл. 1.7.

Таблиця 1.7. Технічні характеристики приладів серії А.

Найменування показника	Модифікація приладу			
	А543	А100	А100-Н	
1	2	3	4	5
Кількість незалежних каналів вимірювання	3	1; 2	1; 2	3
Вхідний сигнал (вхідний опір $R_{вх}$)	0-10 В ($R_{вх} \geq 200$ кОм); 0-1, (-10)÷10 В ($R \geq 200$ кОм); 0-5 мА ($R_{вх} \leq 0,25$ кОм); 4-20 мА ($R_{вх} \leq 65$ Ом); 0-20 мА ($R \leq 65$ Ом)		Термоопір з НСХ 50П, 100П, 50М, 100М*, термопара з НСХ ХК(Л), ХА(К), ПП(С), ПР(В), ($R_{вх} \geq 200$ кОм); 0-20, 0-50, 0-100 мВ ($R_{вх} \geq 100$ кОм); 0-10 В ($R_{вх} \geq 100$ кОм); 0-5, 4-20 мА ($R_{вх} \leq 12$ Ом)	
Основна похибка (у % від нормованого значення): по показанням по перетворенню по реєстрації і сигналізації	±0,5 - ±1		±0,5(±1**) ±0,5(±1**) ±1(±1,5**)	
Діапазон завдання уставок сигналізації	Від 0 до 100 % діапазону вхідного сигналу			
Швидкодія, с	1; 2,5; 5; 10	1	1; 2,5; 10	
Швидкість переміщення діаграмної стрічки, мм/год	20, 40, 80, 160, 320, 640, 1280, 2560			
Ширина діаграмної стрічки, мм	100			
Напруга живлення, В	220	24, 220, 240	220, 240	
Частота струму живлення, Гц	50	50, 60	50, 60	
Споживча потужність, ВА	30	18	20	25

Закінчення табл. 1.7.

1	2	3	4	5
Габаритні розміри, мм:				
щитове виконання	120x160x593	80x160x565	80x160x565	120x160x618
стосчне виконання	117x140,5x422	77x140,5x405	-	-
трансформаторного блоку	80x140,5x184	80x140,5x184	-	-
Маса, кг:				
щитове виконання	12,5	7,5	8	12
стосчне виконання(з трансформаторним блоком)	7	5	-	-
Примітка: *. підключення термоопору здійснюється за чотирьох провідною схемою; **. у скобках вказана похибка для приладів, що працюють у вузьких межах вимірювання температури; діапазони вимірювань (шкали)приладів ідентичні приладам ДИСК-250, а прилади А100, А543 можуть мати спеціальні шкали з уніфікованими струмовими сигналами від пірометрів типу РК-15, РК-20, РС-20.				

Прилади А100, А100-Н за функціональними можливостями можуть мати різні виконання, позначення яких утворюється ідентично попереднім. Кодове позначення можливого виконання цих приладів наведено у табл. 1.8.

Усі виконання приладів забезпечують перетворення вхідних сигналів у вихідний аналоговий струмовий сигнал 0-5 мА ($R_{н} \leq 2$ кОм) чи 4-20 мА ($R_{н} \leq 0,5$ кОм), а також двопозиційну сигналізацію з релейним виходом. При цьому у приладах А100, А100-Н сигналізація забезпечується по кожному каналу, а приладів А543 – тільки по одному каналу. Комутаційна здатність контактів релейного виходу ідентична попереднім приладам. Кліматичне виконання: звичайне і тропічне (відносна вологість до 98%).

Виготовник – ЗАТ “Промислова група “Метран” (м. Челябинськ.)

1.6. ПОКАЗУЮЧІ, РЕЕСТРУЮЧІ ПРИЛАДИ СЕРІЇ РМТ, ТЕХНОГРАФ-160, АЛЬФАЛОГ-100.

Прилади цієї серії, основні технічні характеристики яких представлені у табл. 1.9, за призначенням ідентичні попереднім.

Прилади РМТ виготовляються у чотирьох модифікаціях. Аналогові прилади РМТ 39А, РМТ 49А забезпечують показання вимірюваного параметра на шкалі і реєстрацію параметра на діаграмній стрічці (РМТ49А – з неперервним записом, а РМТ 39А з точковим записом). Аналого-цифрові

прилади РМТ 39Д, РМТ 49Д забезпечують: індикацію параметра на цифровому табло у циклічному режимі чи вибірково по кожному каналу з одночасною реєстрацією по всіх каналах; реєстрацію вимірюваного параметра на діаграмній стрічці (РМТ 49Д – з неперервним записом, РМТ 39Д – з точковим записом); лінійну функцію витягання квадратного кореня у залежності від вхідного сигналу; конфігурування за типом вхідного сигналу, діапазоном вимірюваної величини і типу шкали; зв'язок із зовнішніми пристроями завдяки інтерфейсу RS232; сигналізацію про вихід параметра за межі уставок завдяки пасивному релейному виходу; гальванічний розділ каналів.

Таблиця 1.8. Виконання приладів А100 і А100-Н.

Код цифрового позначення	Функціональні можливості			
	Перша цифра коду (А)	Друга цифра коду (В)	Третя цифра коду (С)	Четверта цифра коду (Д)
	Прилади модифікації А100-Н			
	За способом індикації (конструктивне виконання)	Кількість каналів	Напруга живлення	Частота, Гц
1	Показуючі і реєструючі (стосчне)	1	24	-
2	Показуючі і реєструючі (щитове)	2	220	-
3	Показуючі (стосчне)	-	240	-
4	Показуючі (щитове)	-	-	-
5	-	-	-	50
6	-	-	-	60
	Прилади модифікації А100-Н			
	НСХ датчика, вхідний сигнал першого каналу	НСХ датчика, вхідний сигнал другого каналу	НСХ датчика, вхідний сигнал третього каналу	Напруга, В Частота, Гц
0	-	Для одноканального приладу	Для одно- чи двоканального приладу	-
1	ХК(Л), ХА(К), ПП(С)			220, 50
2	50П, 100П, 50М, 100М			240,50
3	ПР(В), 0-20, 0-50, 0-100 мВ; 0-5, 4-20 мА; 0-10 В			220, 60
4	-			240,60

Таблиця 1.9. Основні технічні характеристики приладів серії РМТ, ТЕХНОГРАФ-160 і Альфалог-100.

Найменування показника	Тип приладу					
	РМТ-39А	РМТ-39Д	РМТ-49А	РМТ-49Д	Технограф-160	Альфалог-100
Кількість незалежних каналів	6					
1	2	3	4	5	6	7
Термоопір з НСХ 50М, 50П, 100М, 100П						
Вхідний сигнал (вхідний опір R _{вх} чи вхідна напруга U _{вх})	Термопара з НСХ: ХК(L), ХА(K)(R _{вх} ≥30кОм); 0-5, 4-20 мА(U _{вх} ≤100мВ і U _{вх} ≤105мВ)					
	Термопара з НСХ ПП(S), ПР(B), ВР(A), ЖК(J), ПП(R), (R _{вх} ≥30 кОм); 0-20мА (U _{вх} ≤105 мВ); 0-75, 0-100 мВ (R _{вх} ≥0,1 МОм)	Термопара з НСХ ПП(S), ПР(B), ВР(A), ЖК(J), ПП(R), (R _{вх} ≥30 кОм); 0-20мА (U _{вх} ≤105 мВ); 0-75, 0-100 мВ (R _{вх} ≥0,1 МОм)	Термопара з НСХ ПП(S), ВР(A), ЖК(J), ПП(R), (R _{вх} ≥30 кОм); 0-20мА (U _{вх} ≤105 мВ); 0-75, 0-100 мВ (R _{вх} ≥0,1 МОм)	Термопара з НСХ ПП(S), ВР(A), ЖК(J), ПП(R), (R _{вх} ≥0,5 кОм); 0-10, 0-20, 0-50, 0-100мВ, 0-5 В (R _{вх} ≥0,5 кОм); 0-5, 0-20, 4-20 мВ (R _{вх} ≤50 Ом)	Термопара з НСХ ХК(L), ПП(S), ХА(K), ПП(B) (R _{вх} ≥0,5 кОм); 0-10, 0-20, 0-50, 0-100мВ, 0-5 В (R _{вх} ≥0,5 кОм); 0-5, 0-20, 4-20 мВ (R _{вх} ≤50 Ом)	Термопара з НСХ: ХК(L), ПР(B), ПП(S), МК(T), ПП(R), ХА(K) ЖК(J); +/-40мА, +/-20мА, 0(4)-20 мА, +/- 100мкА, +/-1мА, +/-2мА, +/-4мА; +/-20мВ, +/-50мВ, +/-100мВ, +/-200мВ, 0-1 В, 0-10В, +/-10В, +/-5В, +/-2В, +/-1В***
Кількість уставок сигналізації на кожному каналі	4 (на виході 2 реле)	4 (на виході 2 реле)	4 (на виході 2 реле)	4 (на виході 4 реле)	**	2 (на виході 1÷4 реле)

Закінчення табл. 1.9.

1	2	3	4	5	6	7
Основна наведена похибка, %: - ресстрації (цифрова); - показань	±1	±1	±1	±1	±0,25	±0,25 (для приладів без термокомпенсації)
Швидкість переміщення діаграмної стрічки	10, 20, 60, 120 мм/год	10, 20, 60, 120, 240 мм/год, мм/хвил	10, 20, 60, 120, 240 мм/год, мм/хвил	5, 10, 20, 40, 60, 120, 240, 480, 1200, 2400 мм/год	5, 10, 20, 40, 60, 120, 240, 300, 600 мм/год	5, 10, 20, 60, 120, 240, 300, 600 мм/год
Споживча потужність, ВА	15	15	15	25	25	15
Маса, кг	4	4	4	8	8	4
Габаритні розміри, мм	144x140x250					
	248x220x305					
	144x144x215					

Примітка.* у залежності від типу вхідного сигналу (±0,2 – уніфіковані сигнали постійного струму і напруги, ±0,25 – термоопори, ±0,5 – термопарні); ** - “Загальний вихід”(по дві незалежних уставки на кожний з дванадцяти каналів – всього 2 реле), “Роздільний вихід” (по дві незалежних уставки на кожний з дванадцяти каналів – всього 24 реле); ***- вхідний опір приладу не менше 1 МОм для постійної напруги і не більше 50 Ом для сили струму; для приладів “Альфалог-100” з компенсацією температури холодного спою основна наведена похибка не перевищує ±(0,25 + 150/XN), де XN - нормоване значення шкали.

Застосовуються в умовах температур навколишнього повітря від 5 до 40°C з відносною вологістю до 90%. Підключення термоперетворювачів опору до приладів здійснюється за 2-х чи 3-х провідною схемою.

Прилади типу *ТЕХНОГРАФ-160* забезпечують: індикацію вимірюваного параметру на цифровому табло у циклічному режимі чи вибірково по кожному каналу при одночасній реєстрації всіх каналів; аналогову і цифрову реєстрацію параметра, що вимірюється, у циклічному режимі на діаграмній стрічці; вимірювання і реєстрацію миттєвої витрати (з витяганням квадратного кореня) і підсумкового значення витрати; конфігурування по типу вхідного сигналу, діапазоном параметра вимірювання; перетворення вхідного сигналу у цифровий сигнал для зв'язку з ПЕОМ по каналу RS232; сигналізацію про вихід параметра, що вимірюється, за межі уставок.

Діапазони вимірювання (шкали) приладів ідентичні приладам серії ДИСК-250. Живлення від мережі змінного струму 220 в з частотою 50 Гц.

Підключення термоперетворювачів опору до приладу здійснюється за 4-х провідною схемою. Кліматичне виконання – звичайне.

Виготовник – ЗАТ “Промислова група “МЕТРАН” (м. Челябінськ)

Прилади типу *Альфалог-100* забезпечують вимірювання і реєстрацію по шести каналам (максимально) сили і напруги постійного струму, а також неелектричних величин, перетворених у сигнали постійного струму чи активний опір. Прилади дозволяють здійснювати: кольорову аналогову і цифрову реєстрацію на діаграмній стрічці; позиційне регулювання; відображення результату виміру на рідиннокристалічному (ЖКИ) двохрядному 16-ти знаковому індикаторі; обмін інформацією з ПЕОМ по інтерфейсам RS232 чи RS485; захист програмно-кодовий (пароль) від несанкціонованого доступу у базу даних. Реєстрація здійснюється у цифровій чи аналоговій формі на діаграмній стрічці (довжина 58 м, ширина поля реєстрації 100 мм, видима довжина діаграми – біля 60 мм). Цикл вимірювання складає 125 мс на один канал і не більше 1с по шести каналам.

Прилад призначений для зануреного щитового монтажу. Корпус виконаний з нержавіючої сталі і фіксується двома з'єднувальними гвинтами. На передній панелі знаходиться індикатор і клавіатура з шести кнопок, що служать для налаштування приладу у діалоговому режимі з ЖКИ-дисплеєм. Зверху також розташований роз'єм для підключення послідовного інтерфейсу RS232, що служить для налаштування приладу через програмне забезпечення ReadWin ПЕОМ. Вище клавіатури розташований стрічкопротягувальний механізм, а ще вище – змінні шкали. На задній панелі приладу містяться: колодка зовнішніх підключень вхідних сигналів, роз'єм для підключення живлення, релейних і керуючих виходів. На рис. 1.12 наведена схема для зовнішніх з'єднань приладу.

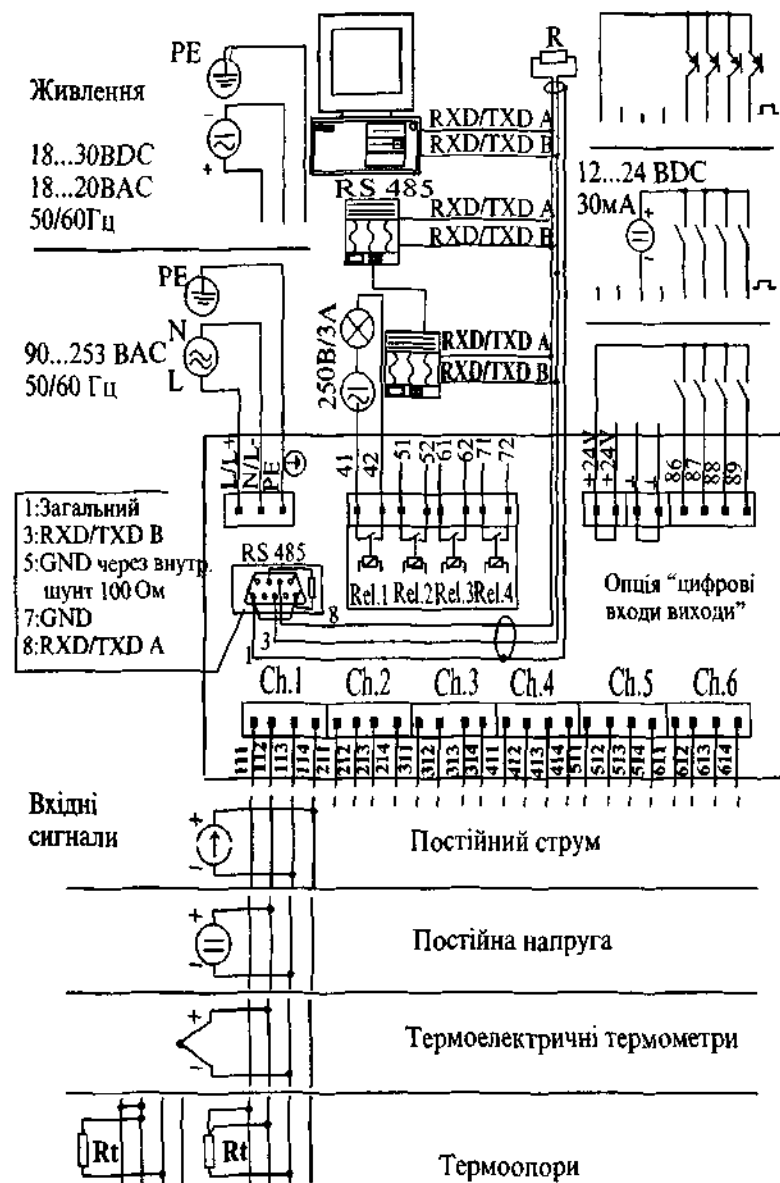


Рис.1.12. Схема для зовнішніх підключень приладу "Альфалог-100".

Умовне позначення приладу складається з чотирьох позицій. Перша позиція після моделі приладу позначає кількість каналів (1, 2, 3, 6), друга цифра (1) – джерело живлення змінною напругою 9-253 В частотою 50/60 Гц, третя позиція (А, В) – про наявність літеро-цифрового друку (А – відсутність, В – друк дати, часу і тексту), а четверта позиція (1, 2) – наявність цифрових входів/виходів (1 – відсутність, 2 – наявність чотирьох вихідних реле, чотирьох керуємих входів і інтерфейсу RS485). Приклад запису позначення приладу “Альфалог-100-6 1 В2”.

Прилади, що мають пристрій для цифрових входів/виходів додатково забезпечують: формування двох уставок (більше, менше) на кожний канал, що задаються з клавіатури; порівнювання вимірюваних параметрів з уставками і одночасною видачею двопозиційних вихідних сигналів; за станом чотирьох керуємих входів здійснювати друк (необхідного тексту, поточної строки, дати і часу), зміну швидкості подачі паперу, заборону на зміну уставок приладу, зупиняти реєстрацію параметрів. Чотири реле розраховані на комутацію навантаження змінної напруги 220 В зі струмом до 3 А. Пристрій містить джерело живлення постійного струму (24 В, 25 мА) і забезпечує підключення системного інтерфейсу RS485, який дозволяє здійснювати налаштування приладу на відстані (до 1000 м).

Прилади, що мають пристрій для літерно-цифрового друку мають додатково годинники реального часу і можуть виконувати наступні функції: перемикання літнього/зимового часу; друк додаткового тексту (дата і час, номер каналу, номер приладу, вимірювані поточні значення з указанням розмірності, вихід параметру за діапазон, швидкість протягування паперу, 12 запрограмованих текстових строк, час відключення живлення). Час зберігання даних вимірювань і конфігурацій – 50 год, а уведених значень параметрів та рахунок поточного часу при перервах електроживлення не перевищує 10 діб.

Температура навколишнього повітря при експлуатації повинна бути у межах 0-50°C з відносною вологістю до 80%. Межа припустимої додаткової похибки від зміни навколишньої температури на кожні 10°C та від зміни напруги живлення не перевищує межі основної похибки.

Виготовник – ВАТ “Теплоприбор” (м. Челябінськ) спільно з приладобудівною компанією “Endress + Hauser GmbH + Co” (Німеччина).

1.7. ПОКАЗУЮЧІ, РЕЄСТРУЮЧІ ПРИЛАДИ СЕРІЇ КС2

Прилади серії КС2 призначені для виміру, реєстрації і регулювання (при наявності регулюючого пристрою) температури, витрати та інших величин, зміна значення яких може бути перетворене в зміну сили і напруги постійного струму, активного опору чи взаємної індуктивності.

До цієї серії входять одноканальні і багатоканальні прилади, що мо-

жуть бути укомплектовані позиційними регуляторами, реостатними задавачами та іншими блоками, що поширюють їх функціональні можливості. Багатоканальні прилади розраховані на вимірювання однакових фізичних величин в одному й тому ж діапазоні. Позиційні регулятори побудовані на основі блоків реле типу БР: для двопозиційного регулювання – БР-02; для трипозиційного – БР-01. Реостатні задавачі мають зону пропорційності 100%. Багатоканальні прилади можуть бути використані для реєстрації показань від кількох одноканальних приладів, якщо останні мають реостатний пристрій для дистанційної передачі показань.

По виду вхідного сигналу виготовляють автоматичні прилади наступних груп: КСП2 – потенціометри для вимірювання термоЕДС і напруги постійного струму; КСУ2 – універсальні, для вимірювання сили і напруги постійного струму; КСМ2 – мости для вимірювання активного опору; КСД2 – для вимірювання комплексної взаємної індуктивності у діапазоні 0 – 10 мГн чи 10 – 0 – 10 мГн. Первинними приладами можуть бути термоелектричні перетворювачі для КСП2, термоперетворювачі опору для КСМ2, датчики безперервних електричних сигналів для КСП2 і КСУ2 чи датчики, що перетворюють неелектричні величини у комплексну взаємну індуктивність (витратоміри, датчики тиску, рівня та ін.) для КСД2.

Прилади можуть виготовлятися в звичайному, тропічному (Т4), іскробезпечному (И) і іскробезпечному тропічному (ИТ4) виконаннях. При цьому індекси (Т4, И, ИТ4) додаються до шифру приладу і вказують на його виконання. Модифікації одноканальних приладів наведені у табл.1.10, а у табл.1.11 і 1.12 наведені модифікації багатоканальних приладів. Габаритні розміри усіх приладів однакові (240x320x492 мм).

Основна наведена похибка показань приладу, виражена у відсотках від нормованого значення вимірюваної величини, на усіх відмітках шкали не перевищує межі припустимого значення, що дорівнює $\pm 0,5$. Для нижченаведених діапазонів гранично припустиме значення дорівнює ± 1 :

- багатоканальних автоматичних мостів з діапазоном вимірювання (°C): $-25 \div 25, 0 \div 50$ (100П); $-50 \div 0, 0 \div 50, 50 \div 100$ (гр. 23, 50М); $0 \div 25, 0 \div 50, -25 \div 25, -50 \div 0, 50 \div 100$ (100М).

- багатоканальних потенціометрів з діапазоном вимірювання (°C): $0 \div 100, -50 \div 50$. (ХК68); $500 \div 1300$ (ПП68); $1000 \div 1600, 1000 \div 1800$ (ПР-30/668).

Зміна похибки приладів по показанням, що викликана зміною температури навколишнього повітря від 20 °C до 50 °C, не повинна перевищувати значень, визначених за формулою:

$$\gamma_t = k (t_{в(т)} - t_u). \quad (1.2)$$

Таблиця 1.10. Одноканальні вторинні прилади серії КС2.

Шифр виконання				Швидкодія, с	Пристрої	
КСП2	КСМ2	КСУ2*	КСУ2**		регулюючий	допоміжний
003	002	045	002	2,5	-	-
004	003	046	003	10	-	-
005	004	047	-	10	ПЗ	-
016	024	048	015	10	ПЗ	РПД
017	025	049	016	10	-	РПД
035	035	073	065	10	РЗ	-
036	036	074	066	10	РЗ	РПД
037	037	075	067	10	ПЗ, РЗ	-
038	038	076	068	10	ПЗ, РЗ	РПД
039	039	077	069	10	-	РП для ПРП
040	040	078	070	10	-	РПД, РП для ПРП
041	041	079	071	10	ПЗ	РП для ПРП
042	042	080	-	10	ПЗ	РПД, РП для ПРП
-	-	-	004	10	-	-
-	-	-	072	10	-	РПД, РП для ПРП

Примітка: * - вольтметри; ** - міліамперметри; ПЗ - трипозиційний регулювальний пристрій; РЗ - реостатний задавач (зона пропорційності 100%); РПД - реостатний пристрій для дистанційної передачі; РП для ПРП - реостатний пристрій для роботи з програмним регулювальним пристроєм.

Таблиця 1.11. Багатоканальні вторинні прилади серії КС2.

Шифр при- ладу	Кількість каналів	Швидкодія	Примітка	Шифр при- ладу	Кількість каналів	Швидкодія	Примітка
КСП2-023	3	2,5		КСУ2-022	3	2,5	М
КСП2-024	6	2,5		КСУ2-023	6	2,5	М
КСП2-025	12	2,5		КСУ2-024	12	2,5	М
КСП2-026	3	10		КСУ2-025	3	10	М
КСП2-027	6	10		КСУ2-026	6	10	М
КСП2-028	12	10		КСУ2-027	12	10	М
КСМ2-018	3	2,5		КСУ2-036	3	2,5	В
КСМ2-019	6	2,5		КСУ2-037	6	2,5	В
КСМ2-020	12	2,5		КСУ2-038	12	2,5	В
КСМ2-021	3	10		КСУ2-039	3	10	В
КСМ2-022	6	10		КСУ2-040	6	10	В
КСМ2-023	12	10		КСУ2-041	12	10	В

Примітка: М – міліамперметр, В – вольтметр.

Таблиця 1.12. Багатоканальні вторинні прилади серії КС2 з регулювальними пристроями.

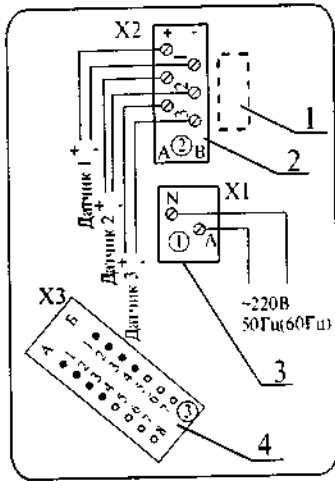
Шифр приладу	Кількість каналів	Трипозиційний регулятор		Примітка
		Тип блоку	Кількість	
КСП2-031	3	БР-01	1	
КСП2-032	6	БР-01	1	
КСП2-001	12	БР-01	2	
КСМ2-028	3	БР-01	1	
КСМ2-029	6	БР-01	1	
КСМ2-030	12	БР-01	2	
КСУ2-030	3	БР-01	1	М
КСУ2-031	6	БР-01	1	М
КСУ2-032	12	БР-01	2	М
КСУ2-042	3	БР-01	1	В
КСУ2-043	6	БР-01	1	В
КСУ2-044	12	БР-01	2	В

Примітка: М – міліамперметр, В – вольтметр; час проходження покажчиком усієї шкали не більше 10 с; для двопозиційного регулювання блоки БР-01 замінюють на БР-02

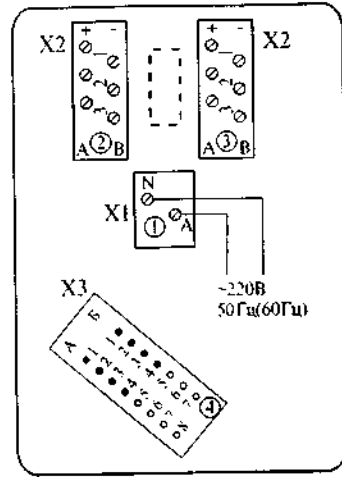
де k – коефіцієнт пропорційності, що дорівнює ($\%^{\circ}\text{C}$): 0,01 – для потенціометрів КСУ2 і КСП2, що не мають компенсації термоЕДС вільних кінців термоперетворювача і мостів з відносною зміною вимірюваного активного опору більше 25% від його початкового значення (нижньої межі вимірювання); 0,02 – для потенціометрів з діапазоном зміни вхідного сигналу більше 10 мВ, що мають компенсацію термоЕДС вільних кінців термопар; 0,04 – для потенціометрів з діапазоном зміни вхідного сигналу менше 10 мВ, що мають компенсацію термоЕДС вільних кінців термопар і мостів з відносною зміною вимірюваного активного опору менше 25% від його початкового значення; $t_{в(н)}$ – верхнє (нижнє) значення температури навколишнього повітря, $^{\circ}\text{C}$; t_u – значення температури навколишнього повітря для нормальних умов $^{\circ}\text{C}$.

Похибка, що викликана зміною напруги живлення (+10 + -15) % від номінального значення, не більше 0,5 абсолютного значення межі припустимої основної похибки.

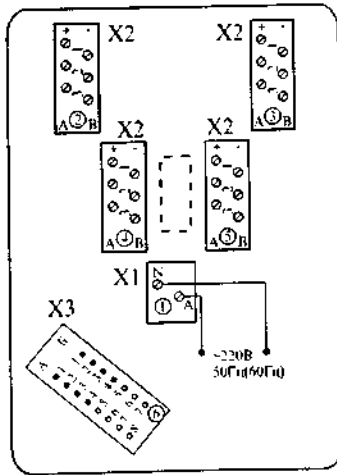
Врівноважені автоматичні мости КСМ2 та потенціометри КСП2 призначені для вимірювання температури в комплекті з термоперетворювачами, що відповідають НСХ та діапазоном наведеним у табл. 7.1 і 7.2 частини I. Розміщення роз'ємів на одно- і багатоканальних приладах представлено на рис. 1.13, а підключення термоперетворювачів – на рис.1.14. Схеми вихідних кіл відповідають рис.1.15.



а)



б)

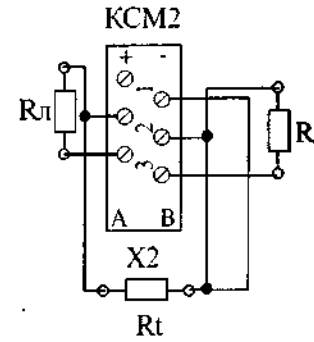


в)

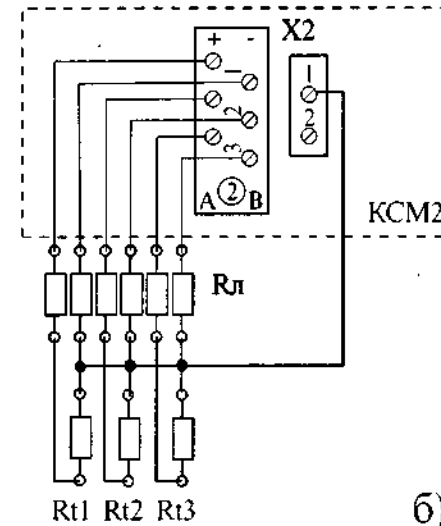
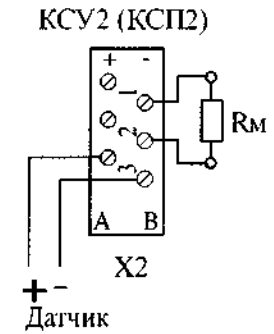
Рис.1.13. Схема підключення датчиків до приладів КСУ2, КСП2, КСМ2: 1- мідний резистор для КСУ2 і КСП2 або роз'єм "загальної точки" для КСМ2; 2 -роз'єм для підключення датчиків; 3 - роз'єм для підключення напруги живлення; 4 -роз'єм для регулювального пристрою; а- одно- і три-канальні прилади, б - шестиканальні, в- дванадцятиканальні.

Врівноважені автоматичні вольтметри і міліамперметри КСУ2 призначені для роботи з джерелами постійного струму і напруги, у якості яких можуть використовуватись датчики з уніфікованими чи не уніфіко-

ваними сигналами. Підключення зовнішніх кіл аналогічне потенціометрам КСП2.



а)



б)

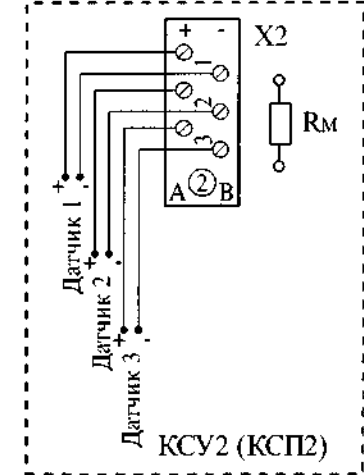


Рис.1.14. Підключення датчиків до одноканальних (а) і багатоканальних (б) приладів серії КС2: R_t -термоперетворювач опору; $R_{л}$ -узгоджуючий опір (не більше 2,5 Ом); $R_{м}$ -мідний опір термокомпенсації.

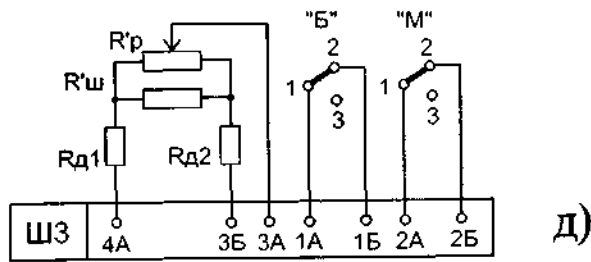
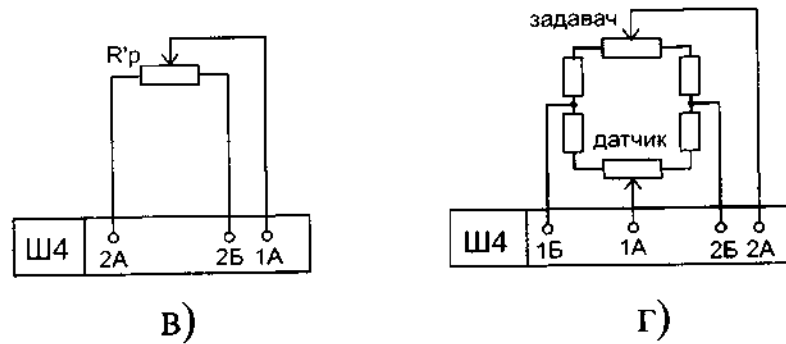
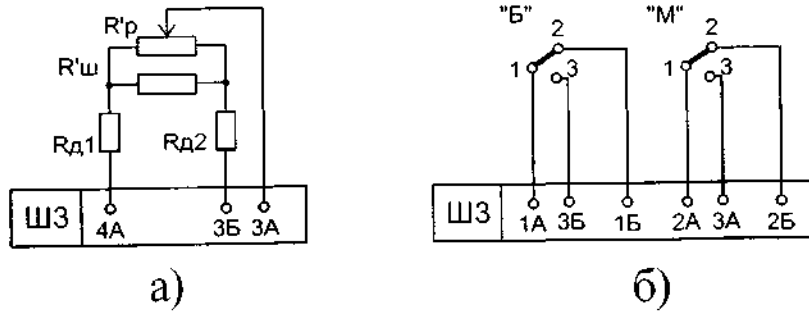


Рис.1.15. Схеми вихідних кіл приладів серії КС2: а - реостатний вихід; б - вихід на позиційний регулятор чи сигналізуючий пристрій; в - реостатний вихід для програмного регулювання; г - реостатний задавач для П, ПІ, ПІД регулювання; д - реостатний вихід і вихід на позиційний регулятор чи сигналізуючий пристрій; R'ш, R'р, Rд1, Rд2 - додаткові елементи реохордної групи; "Б", "М" - група контактів відповідно "багато" і "мало".

Прилади з диференційно – трансформаторною виміральною схемою КСД2 працюють у комплекті з різноманітними датчиками у яких вихідний сигнал – зміна індуктивності чи взаємодуктивності (датчики тиску, витрати, рівня, переміщення та ін.). Всі прилади одноканальні, їх характеристики наведені у табл. 1.13. До складу цих приладів може входити інтегруючий пристрій, що використовується для підрахування кількості при вимірюванні витрати. Схему підключення трансформаторного датчика наведено на рис.1.16, схеми вихідних кіл аналогічні іншим приладам серії КС2 (див. рис. 1.15).

Таблиця 1.13. Модифікації приладів КСД2 у залежності від функціональних можливостей.

Шифр приладу	Характеристика шкали	Регульовальний блок	Допоміжний блок
1	2	3	4
001	лінійна		
002	квадратична		
003	лінійна	ПЗ	
004	квадратична	ПЗ	
005	лінійна		РПД
006	квадратична		РПД
007	лінійна	ПЗ	РПД
008	квадратична	ПЗ	РПД
037	лінійна	РЗ	
038	квадратична	РЗ	
039	лінійна	РЗ	РПД
040	квадратична	РЗ	РПД
041	лінійна	ПЗ, РЗ	
042	квадратична	ПЗ, РЗ	
043	лінійна	ПЗ, РЗ	РПД
044	квадратична	ПЗ, РЗ	РПД
045	лінійна		РП для ПРП
046	квадратична		РП для ПРП
047	лінійна		РП для ПРП, РПД
048	квадратична		РП для ПРП, РПД
049	лінійна	ПЗ	РП для ПРП
050	квадратична	ПЗ	РП для ПРП
051	лінійна	ПЗ	РП для ПРП, РПД
052	квадратична	ПЗ	РП для ПРП, РПД
053	лінійна		ІП
054	квадратична		ІП
055	лінійна	ПЗ	ІП
056	квадратична	ПЗ	ІП
057	лінійна		ІП, РПД
058	квадратична		ІП, РПД
059	лінійна	ПЗ	ІП, РПД
060	квадратична	ПЗ	ІП, РПД

Закінчення табл. 1.13.

061	лінійна	РЗ	ІП
062	квадратична	РЗ	ІП
063	лінійна	РЗ	ІП, РПД
064	квадратична	РЗ	ІП, РПД
065	лінійна	ПЗ, РЗ	ІП
066	квадратична	ПЗ, РЗ	ІП
067	лінійна	ПЗ, РЗ	ІП, РПД
068	квадратична	ПЗ, РЗ	ІП, РПД
069	лінійна		ІП, РП для ПРП
070	квадратична		ІП, РП для ПРП
071	лінійна		ІП, РП для ПРП, РПД
072	квадратична		ІП, РП для ПРП, РПД
073	лінійна	ПЗ	ІП, РП для ПРП
074	квадратична	ПЗ	ІП, РП для ПРП
075	лінійна	ПЗ	ІП, РП для ПРП, РПД
076	квадратична	ПЗ	ІП, РП для ПРП, РПД

Примітка: ПЗ - трипозиційний регульовальний пристрій; РЗ - реостатний задавач (зона пропорційності 100%); РПД - реостатний пристрій для дистанційної передачі; РП для ПРП - реостатний пристрій для роботи з програмним регульовальним пристроєм; ІП - інтегруючий пристрій.

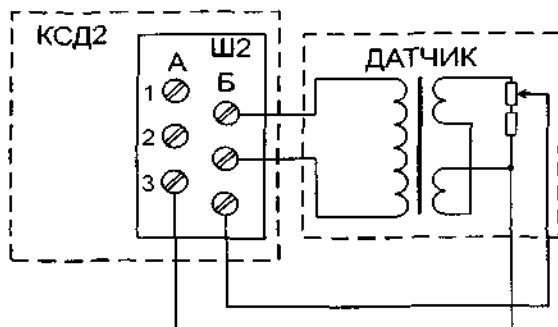


Рис. 1.16. Підключення датчика в до приладу КСД2.

Виготовник – АТ “Львівприлад” (м. Львів).

1.8. ПРИЛАДИ СЕРІЇ РП 160.

Прилади серії РП-160 призначені для вимірювання, реєстрації і сигналізації (при наявності пристрою сигналізації) неелектричних величин, що можуть бути перетворені у сигнали сили та напруги постійного струму чи активного опору. Вони розраховані на роботу з термоелектричними пе-

ретворювачами, термоперетворювачами опору і пристроями з уніфікованими вихідними сигналами.

Ресструючі вторинні прилади РП-160 виготовляються як у звичайному виконанні, так і у вибухозахищеному (іскробезпечне вхідне коло) з маркуванням ЕхіВІС і призначені для розміщення зовні вибухонебезпечних зон.

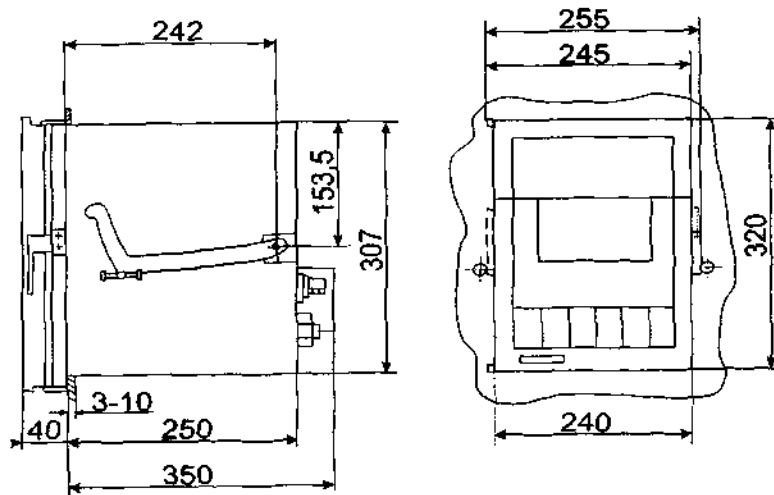
Модифікації приладів представлені у табл. 1.14, а на рис. 1.17 показані габаритно-монтажні розміри та розміщення роз'ємів на задній стінці приладу. Усі прилади мають чотири уставки сигналізації, вихідні кола якої розраховані на підключення навантаження 220 В (50 Гц) і 0,5 А змінного струму (іскробезпечне виконання) або 220 В (50 Гц) і 0,5 А змінного струму чи 220 В і 0,23 А постійного струму (звичайне виконання). Схеми підключення датчиків показані на рис. 1.18. При цьому контакти колодки ХS9 з позначенням 1А, 1Б і 3А, 2Б відповідають вихідним колам уставок “менше”, а з позначенням 2А, 2Б і 4А, 3Б - вихідним колам уставок “більше”.

Таблиця 1.14. Модифікації приладів серії РП160.

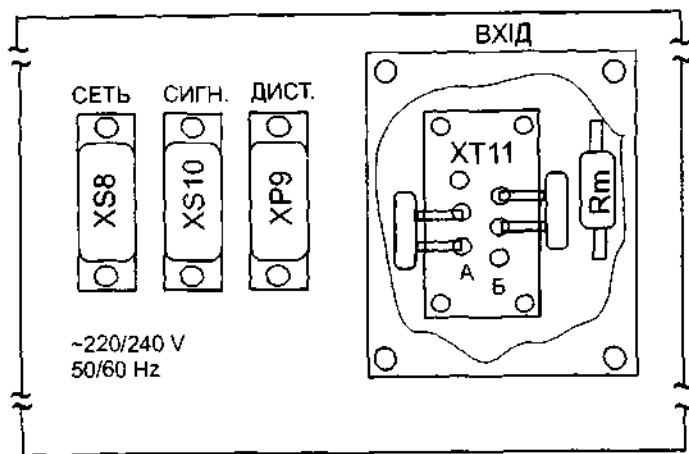
Позначення приладу	Вхідний сигнал	Наявність	
		сигналізації	вибухозахисту
РП-160		-	-
РП-160-01		+	-
РП-160-02		-	+
РП-160-03		+	+
РП-160-04	ТермоЕДС термопар з НСХ ХК(Л), ХА(К), ПП(С), ПР(В); термоопір перетворювачів з НСХ 10П, 50П, 100П, 50М, 100М; напруга постійного струму 0-10 В, 0-10, 0-20, 0-50, 0-100 мВ; постійний струм 0-5, 0(4)-20 мА;	-	-
РП-160-05		+	-
РП-160-08		-	-
РП-160-09		+	-
РП-160-12		-	-
РП-160-13		+	-
РП-160-14		-	+
РП-160-15		+	+
РП-160-16		-	-
РП-160-17		+	-
РП-160-18 *		-	+
РП-160-19 *		+	+

Примітка: * - вибухозахищене виконання тільки з вхідним сигналом від термоперетворювачів типу ТПР.

Основна похибка приладів РП-160, що виражена у відсотках від номінованого значення, складає не більше $\pm 0,5$ по показанням і сигналізації та $\pm 1,0$ - по реєстрації.



а)



б)

Рис. 1.17. Габаритно-монтажні розміри (а) та розміщення роз'ємів на задній стінці приладів типу РП160 (б): XS8, XT11, XS10, XP9 - відповідно колодки для підключення живлення (контакти 1Б, 3Б), датчиків, кіл сигналізації і дистанційного керування швидкістю діаграмної стрічки.

Варіація - не більше 0,5 абсолютного значення припустимої основної похибки по показанням і сигналізації. Відхилення похибки приладу, що

викликане зміною температури навколишнього повітря від 20 °С до 50 °С не перевищує значень:

$$\gamma t = K(t_{в(н)} - t_0), \quad (1.3)$$

де $K = 0,025$ для приладів з діапазоном зміни вхідного сигналу менше 10 мВ, що не мають компенсації термоЕДС вільних кінців термопар і для приладів з діапазоном зміни вхідного сигналу 10 мВ і більше, що мають компенсацію; $K = 0,015$ для приладів з діапазоном зміни вхідного сигналу 10 мВ і більше, що не мають компенсації термоЕДС вільних кінців термоперетворювача і приладів з вхідним сигналом від термоперетворювачів з відносною зміною вимірюваного активного опору більше 25% від його початкового значення (нижньої межі вимірювання); $K = 0,04$ для приладів з діапазоном зміни вхідного сигналу менше 10 мВ, що мають компенсацію термоЕДС вільних кінців термопар, і для приладів з вхідним сигналом від термоперетворювачів з відносною зміною вимірюваного активного опору менше 25% від його початкового значення (нижньої межі вимірювання); $t_{в(н)}$ - верхнє (нижнє) значення температури навколишнього повітря, °С; t_0 - значення температури навколишнього повітря в нормальних умовах, °С.

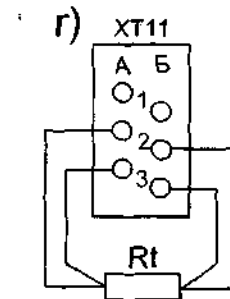
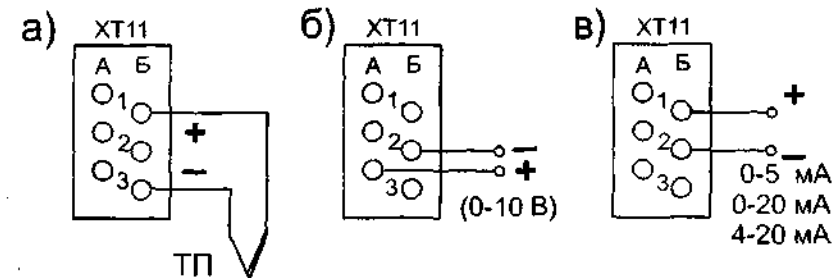


Рис. 1.18. Підключення датчиків до приладів типу РП160: а - термоперетворювачів ТХА, ТХК, ТПП; б - з вихідним сигналом постійної напруги; в - з вихідним сигналом постійного струму або термоперетворювача ТПР; г - термоперетворювача опору (R_t) типу ТСМ, ТСП.

Зміна похибки, що викликана зовнішнім магнітним полем напруженістю до 400 А/м, частотою 50 Гц, повинна бути не більше $\pm 0,5\%$ від но-

рмованого значення. Середня наробка на відмову при $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$ і вологості 40 – 80% не менше 20000 годин.

Ресструючі вторинні прилади РП-160АД призначені для експлуатації на об'єктах ядерної енергетики. Модифікації та окремі характеристики приладів РП160АД наведені у табл. 1.15, а схеми підключення датчиків до роз'єму ХТ (див. рис. 1.19.) на рис. 1.20. Габаритні розміри і метрологічні характеристики аналогічні приладам РП160. Прилади стійкі до дії вібраційних навантажень з прискоренням до 5 м/с^2 у діапазоні частот від 6 до 60 Гц та зберігає свої характеристики після сейсмічних струсів до 8 балів при висоті встановлення до 40 м.

Таблиця 1.15. Модифікації приладів РП160АД.

Модифікація приладу	Вид вхідного сигналу	Похибка показань (ресстрації)
РП160-10-11-АД	ТермоЕДС термопар ТХА і ТХК (з компенсацією ЕДС холодних кінців)	0,5 (1,0)
РП160-10-12-АД	ТермоЕДС термопар ТХА і ТХК (без компенсації ЕДС холодних кінців); різниця термоЕДС термоперетворювачів ТХК при вимірюванні різниці температур	0,5 (1,0)* 1,5 (1,5)**
РП160-10-13-АД	Опір термоперетворювачів ТСМ, ТСП	0,5 (1,0)
РП160-10-14-АД	Сила струму 0-5 мА і 4-20 мА	0,5 (1,0)
РП160-10-19-АД	Різниця опорів термоперетворювачів типу ТСМ і ТСП при вимірюванні різниці температур	1,0 (1,0)

Примітка: * - при вимірюванні різниці температур з фіксованим значенням 338°C ; ** - при температурі, що змінюється у діапазоні від 315 до 365°C .

Сигналізація відхилення вимірюваної величини від заданого значення здійснюється у діапазоні від 5% до 95% довжини шкали. Параметри кіл сигналізації: напруга постійного або змінного струму частотою 50 і 60 Гц від 100 до 240 В (струм 0,3 А); напруга постійного струму від 20 до 30 В (струм до 1 А). Підключення навантаження до виходів сигналізації проводиться за допомогою роз'єму Р10-15ЛУ у відповідності з табл. 1.16.

Таблиця 1.16. Призначення контактів сигналізації.

№ контакту	1А	2А	1Б	3А	4А	3Б	5А	6А	5Б	7А	8А	7Б
№ уставки	I		II			III			IV			
Функція	НЗ1	НР1	ПК1	НЗ2	НР2	ПК2	НЗ3	НР3	ПК3	НЗ4	НР4	ПК4

Примітка: НЗ – нормально замкнені; НР – нормально розімкнені; ПК – контакти, що перемикаються.

Виготовник – АТ “Львівприлад” (м. Львів).

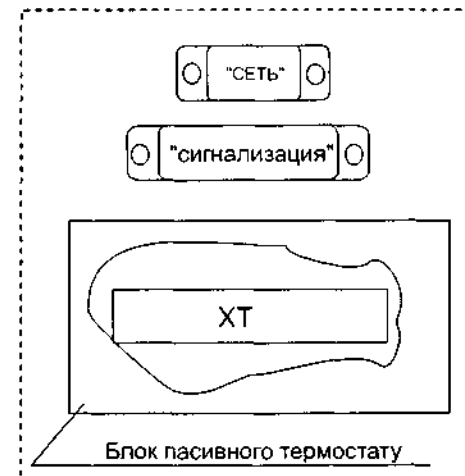


Рис. 1.19. Розміщення роз'ємів на задній стінці приладів РП160АД.

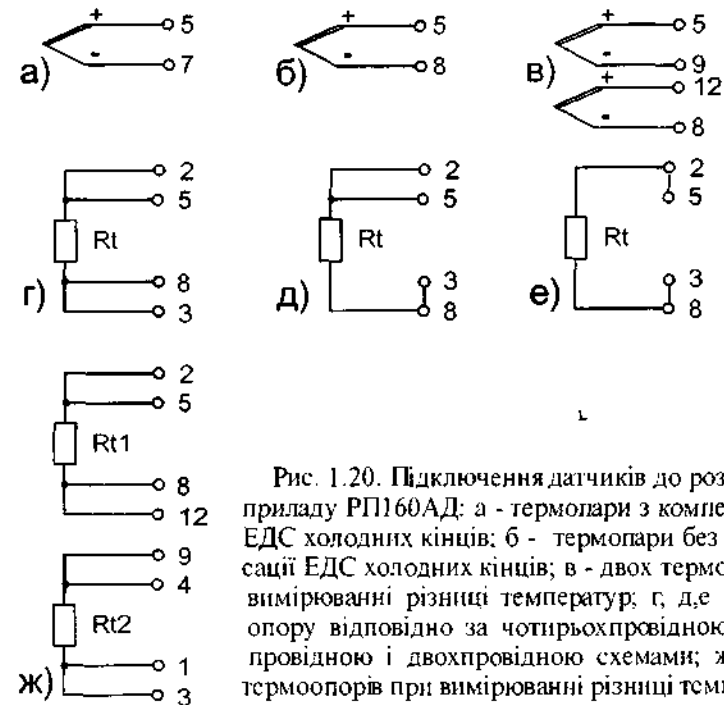


Рис. 1.20. Підключення датчиків до роз'єму ХТ приладу РП160АД: а - термопары з компенсацією ЕДС холодних кінців; б - термопары без компенсації ЕДС холодних кінців; в - двох термопар при вимірюванні різниці температур; г, д, е - термоопору відповідно за чотирьохпровідною, трьохпровідною і двохпровідною схемами; ж - двох термоопорів при вимірюванні різниці температур.

1.9. ВУЗЬКОПРОФІЛЬНІ ПОКАЗУЮЧІ ПРИЛАДИ СЕРІЇ М.

Вузькопрофільні прилади зі світловими показчиками призначені для вимірювання сили і напруги постійного струму, а також сигналізації виходу вимірюваної величини за встановлені межі. Найчастіше використовуються із датчиками з уніфікованими вихідними сигналами у якості вторинних приладів. По конструктивному виконанню вузькопрофільні прилади поділяють на: одно- і багатоканальні; показуючі, сигналізуючі чи контактні. Останні призначені для побудови позиційних систем регулювання у комплекті із сигналізуючими і регулюючими блоками типу П1730, П1731 чи будь-якими аналогічними. Контактні прилади мають фоторезистори, що пересуваються разом з світлофільтрами і дозволяють керувати зовнішніми сигналізуючими чи регулювальними пристроями. На рис. 1.21 (а) наведена електрична схема контактних приладів. Прилади побудовані однаково і мають однакові діапазони вимірювання, а відрізняються основною похибкою показань і сигналізації, габаритними розмірами і масою. У табл. 1.17 наведені діапазони вимірювання приладів цих серій.

На рис. 1.21 (б) показано розміщення контактів роз'єму, а на рис. 1.22 наведено схему підключення позиційного пристрою типу П1730 чи П1731.

Таблиця 1.17. Діапазони вимірювання приладів серій М1530, М1531, М1830.

Діапазони вимірювання					
мкА	мА	А	кА	мВ	В
1	2	3	4	5	6
0-5**	0-1	0-1	0-1*	0-10**	0-1**
5-0-5**	1-0-1	1-0-1	1-0-1*	10-0-10**	1-0-1**
0-10**	0-5	0-5	0-2*	0-20**	0-1,5
10-0-10**	5-0-5	5-0-5	2-0-2*	20-0-20**	1,5-0-1,5**
0-30**	0-10	0-10*	0-3*	0-50**	0-3**
30-0-30	10-0-10	10-0-10*	3-0-3*	50-0-50**	3-0-3**
0-50**	0-30	0-30*	0-4*	0-75	0-7,5**
50-0-50	30-0-30	30-0-30*	4-0-4*	75-0-75	7,5-0-7,5**
0-100	0-50	0-50*	0-5*	0-100**	0-10
100-0-100	50-0-50	50-0-50*	5-0-5*	100-0-100**	10-0-10
0-150	0-100	0-100*	0-6*	0-200**	0-15
150-0-150	100-0-100	100-0-100*	6-0-6*	200-0-200**	15-0-15
0-300	0-150	0-150*		0-500**	0-30
300-0-300	150-0-150	150-0-150*		500-0-500**	30-0-30
0-500	0-300	0-300*			0-50

Закінчення табл. 1.17.

1	2	3	4	5	6
500-0-500	300-0-300	300-0-300*			50-0-50
	0-500	0-500*			0-75
	500-0-500	500-0-500*			75-0-75
		0-750*			0-150
		750-0-750*			150-0-150
					0-250
					250-0-250
					0-400
					400-0-400
					0-600

Примітка: * - амперметри та кілоамперметри що підключаються до джерела струму із шунтом 75ШС класу точності 0,1 і каліброваними проводами КП-2; ** - час встановлення показань 4,0 с, а для усіх інших приладів 1,5 с.

Основна похибка приладів М1530 дорівнює $\pm 1,5\%$ (похибка контактного пристрою $\pm 2,5\%$), приладів М1531 – $1,0\%$ (контактного пристрою – $2,0\%$), приладів М1830 – $0,5\%$ (контактного пристрою – $1,0\%$). Зміна показань приладів, що викликана зміною температури навколишнього повітря від (-30) до 50 °С, не перевищує $1,2\%$ для М1530, для М1531 – $0,8\%$ і для М1830 – $0,4\%$ на кожні 10 °С від 20 °С. Зміна показань, що викликана зовнішніми магнітними полями напруженістю до 400 А/м, не перевищує $0,5\%$. Для приладів М1830, що змонтовані на похилих площинах класу точності – $1,5$.

Габаритні розміри приладів М1530 і М1531 складають $100 \times 30 \times 237$ мм, а М1830 – $240 \times 30 \times 300$ мм.

Виготовник - АТ "Електроприбор" (м. Омськ)

1.10 ПНЕВМАТИЧНІ ПОКАЗУЮЧІ І РЕЄСТРУЮЧІ ПРИЛАДИ.

Для показання і запису уніфікованих пневматичних сигналів виготовляється ряд приладів, що базуються на уніфікованих вимірювальних вузлах, розрахованих для показання і запису одного параметру. У разі необхідності здійснювати показання і запис двох чи трьох параметрів прилад компонується відповідною кількістю ідентичних вимірювальних вузлів. Принцип дії цих вузлів розглянуто у розділі 1.1.

Прилади контролю показуючі серії ПКП і реєструючі серії ПКР, технічні характеристики і модифікації яких наведені у табл. 1.18, випускаються звичайно з лінійними шкалами $0-100\%$. На замовлення може бути поставлена спеціальна шкала.

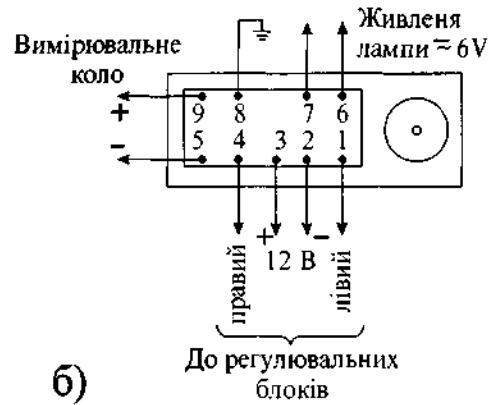
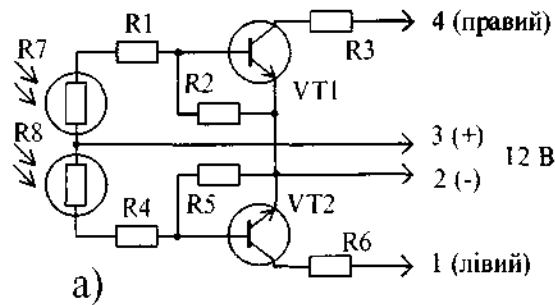


Рис.1.21. Прилади М1530, М1531, М1830: а -принципова електрична схема контактного пристрою; б - роз'єм для підключення зовнішніх кіл.

На рис. 1.23а наведено розташування штуцерів для зовнішніх з'єднань приладу ПКП.1П, а на рис. 1.23б – схема для з'єднання вилки приладу з сигнальними пристроями.

Прилади ПКП.1-2 мають шкалу по типу звичайного манометра, а прилади типу ПКР окрім показання величини параметра здійснюють реєстрацію його на стрічковій діаграмі. Швидкість переміщення діаграми – 20мм/год, споживча потужність при живленні змінним струмом не перевищує 3 В*А. У приладах ПКП.2-3 передбачений контроль завдання по другій шкалі, що встановлюється завдяки умонтованому у прилад задавачу. Застосовуються в умовах температур навколишнього повітря від (-10) до 60°C з відносною вологістю до 80%.

Таблиця 1.18. Технічні характеристики пневматичних приладів серії ПКП і ПКР.

Найменування показника	Тип приладу							
	ПКП.1	ПКП.1-2	ПКП.1П	ПКП.1Э	ПКП.2	ПКП.2-3	ПКР.1	ПКР.2
Кількість параметрів, що контролюються	1			2		1	2	
Наявність сигналізації межвих значень			Пневматична	Електрична				
Клас точності	1	0,5	1					
Діапазон входних сигналів, кПа	20+100							
Витрата повітря живлення, л/хвил	2		3		3,5	4	1,3	3
Габаритні розміри, мм	72x144x211	320x320x97	72x144x272		72x144x320		144x144x330	
Маса, кг	1,8	4,2	2		3	3,2	4	4,5
Примітка: вихідні дискретні пневматичні сигнали для сигналізації складають 0-10 кПа (лог "0") і 110-140 кПа (лог "1"); а електричні – 0 В (лог "0") і 220 В (лог "1"); тиск живлення усіх приладів 140кПа, змінна напруга живлення для ПКП.1Э складає 220 В з частотою 50 чи 60 Гц.								

Виготовник – АТ "Саранский приборостроительный завод" (м. Саранськ).

Прилади пневматичні показуючі і реєструючі серії ФК з електричним приводом діаграмної стрічки входять до системи приладів СТАРТ. Вони працюють сумісно з пневматичними датчиками та джерелами уніфікованого пневматичного сигналу 20 – 100 кПа. Прилад ФК0071 призначений для реєстрації одного, а ФК0072 – тільки для показання одного параметру. Крім того вони дозволяють здійснювати контроль величини завдання та тиску на виконавчому пристрої, а також завдяки умонтованій станції керування (див. рис. 1.24) здійснювати вибір режиму керування об'єктами. Маркування штуцерів для зовнішніх з'єднань приладів типу ФК наведено на рис.1.25.

Ручне керування (увімкнені кнопки "Р" і "ВІДКЛ") дозволяє безпосередньо, за допомогою задавача, здійснювати керування виконавчим пристроєм. П

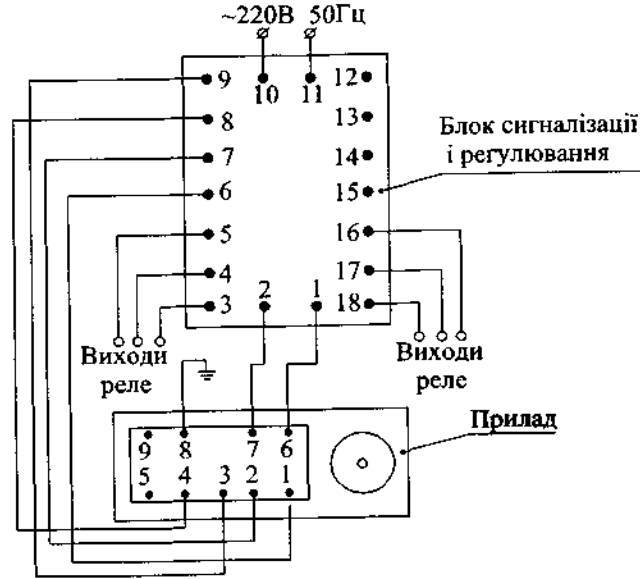


Рис. 1.22. Схема підключення приладів М1530, М1531, М1830 до блоків сигналізації і регулювання П1730, П1731.

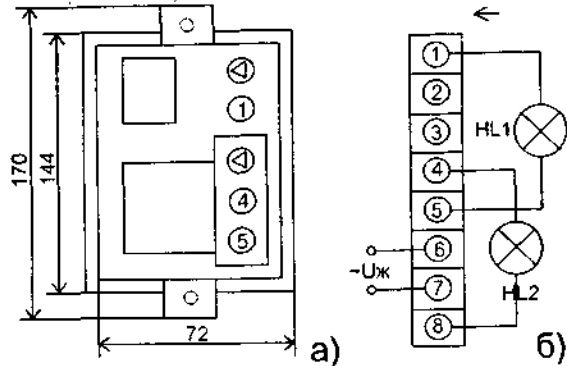


Рис. 1.23. Схема для зовнішніх пневматичних з'єднань приладів ПКП.1П (а) і електричних для ПКП.1Э (б): "V" – живлення стислим повітрям; 1 – вхідний сигнал; 4 – вихідний сигнал верхньої точки діапазону 0 чи 1; 5 – вихідний сигнал нижньої точки діапазону 0 чи 1; HL1, HL2 – сигнальна лампа відповідно верхньої і нижньої межі; U_ж – напруга живлення.

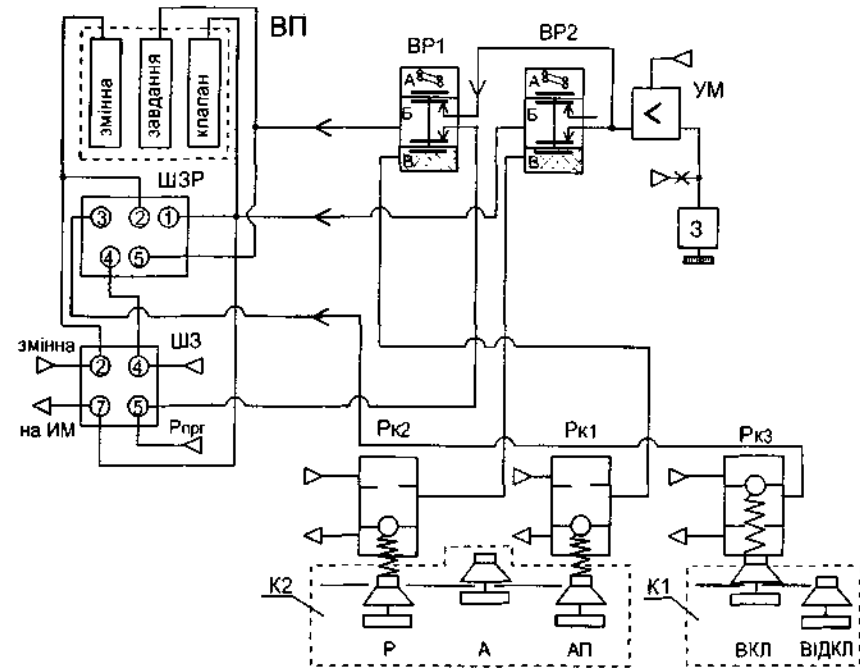


Рис.1.24. Принципова пневматична схема станції керування вторинного приладу типу ФК: ВП - вимірювальні пристрої; ШЗР - штекерний зєднувач для регулятора; ШЗ - штуцерний зєднувач; К1, К2 - кнопкові перемикачі; ВР1, ВР2 - вимикаюче реле; УМ - підсилювач потужності; З - задавач; Рк1-Рк3 - пневмокнопки; А, Р, АП - відповідно кнопки вибору автоматичного, ручного і автоматичного програмного режиму керування.

Перехід у режим автоматичного керування здійснюється натисканням кнопки "А". При цьому задавач буде відключеним від лінії виконавчого механізму, а тиск завдання буде надходити на регулятор і шкалу ВП "завдання". За таких умов (кнопка "Відкл" натиснута) необхідно, слідкуючи по шкалам "завдання" і "зміна", встановити тиск завдання на потрібному рівні змінної (величині параметру регулювання). Після цього натискається кнопка "вкл" і вихід регулятора з'єднується з виконавчим пристроєм і шкалою ВП "клапан".

Перехід з режиму "А" у режим "АП" спочатку здійснюється натисканням кнопки "відкл", що призведе до відключення регулятора. На шкалу "завдання" і в регулятор буде надходити сигнал з ручного задавача. При цьому необхідно слідкувати за тиском програмного задавача по шкалі "завдання" (натиснувши попередньо кнопку "АП"). В момент коли тиск

від програмного зрівняється з тиском від ручного задавача натискається кнопка "вкл". При цьому сигнал від програмного задавача буде надходити у регулятор і на шкалу приладу "завдання". Така послідовність переключень забезпечує безударність зміни режимів керування.

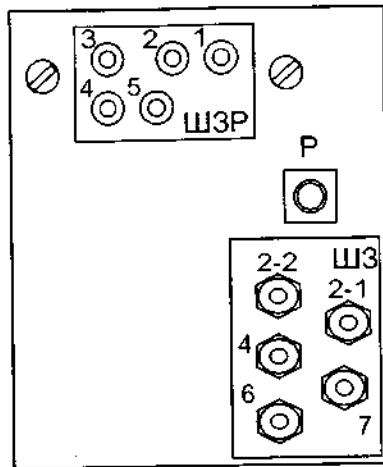


Рис.1.25. Маркування штуцерів для зовнішніх з'єднань приладів типу ФК: Р - роз'єм для підключення напруги живлення (~220 В/50 Гц) приводу діаграмної стрічки; 1-вихід регулятора; 2-змінна; 3-до вимикаючого реле; 4-живлення; 5-завдання; 2-1-змінна; 6-програма; 7-виконавчий пристрій.

Межа припустимої основної похибки по усім шкалам і діаграмі не перевищує $\pm 1,0\%$, а варіація показань не перевищує значення межі припустимої основної похибки. Зміна показань приладів, що викликана відхиленням тиску живлення (140 кПа) у межах $\pm 10\%$, не перевищує 0,5 абсолютного значення межі припустимої основної похибки. Зміна показань приладів у відсотках межі припустимої основної похибки, що викликана зміною температури навколишнього повітря від $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до будь-якої температури у діапазоні $5\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$, не перевищує 0,5 на кожні $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Габаритні розміри приладу ФК0071 і ФК0072 відповідно наступні (мм): 160x200x445 і 120x160x445.

Виготовник – АТ "Тизприбор" (м. Москва).

2. АГРЕГАТНІ КОМПЛЕКСИ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

На підприємствах різних галузей промисловості ще в значній мірі розповсюджені і знаходять застосування агрегатні комплекси технічних засобів (КТЗ). Широке використання цих КТЗ поряд з мікропроцесорними засобами обумовлено насамперед високою надійністю, безконтактністю елементів, універсальністю, що дозволяє забезпечувати приймання сигналів від різних датчиків з уніфікованим і не уніфікованим виходом, практично необмеженою дальністю дії, значною швидкістю і зручністю в експлуатації, особливо там, де кваліфікація обслуговуючого персоналу бажає кращого. За допомогою КТЗ для окремого технологічного об'єкта шляхом набору певної комбінації блоків, що залежить від вимог до якості регулювання, може бути утворена автоматична система управління будь-якої складності. При цьому можливе вирішення великої кількості сучасних задач автоматизації технологічних процесів, серед яких слід виділити наступні: регулювання заданого значення (стабілізація) параметра; регулювання співвідношення двох чи більшого числа параметрів; каскадне регулювання; введення ручного завдання чи завдання, що може змінюватись автоматично; ручне керування процесом; підсумовування і розмноження сигналів, множення на коефіцієнт; статичну і динамічну корекцію; логічні переключення і синхронізацію переміщення виконавчих механізмів; обмеження діапазону зміни сигналів; розподіл, індикацію і гальванічне розділення сигналів; увід і вивід інформації для оператора, логічних пристроїв і керуючих обчислювальних комплексів; формування динамічних і логічних зв'язків поміж контурами управління.

Блоки КТЗ виготовляються підприємствами приладобудівної промисловості у вигляді конструктивно завершених виробів, які вміщують такі основні модулі: операційні підсилювачі, вузли гальванічного розділення, генератор і обмежувач сигналів, компаратор, джерела живлення. Крім цих широко розповсюджених модулів у кожному блоці є і специфічні, які призначені для окремих його функціональних операцій: релейний підсилювач, модуль динамічного перетворення, модуль уставки коефіцієнтів і т.п. Операційні підсилювачі застосовують найчастіше і містяться у значній частині приладів, а у деяких блоках їх встановлено по два та більше. Серед комплексів технічних засобів на цей час ще достатньо розповсюджені КТЗ електричної АКЕЗР, КАСКАД, КОНТУР і пневматичної СТАРТ дії. Зага-

льна структура КТЗ може бути представлена у вигляді схеми, що наведен на рис.2.1.

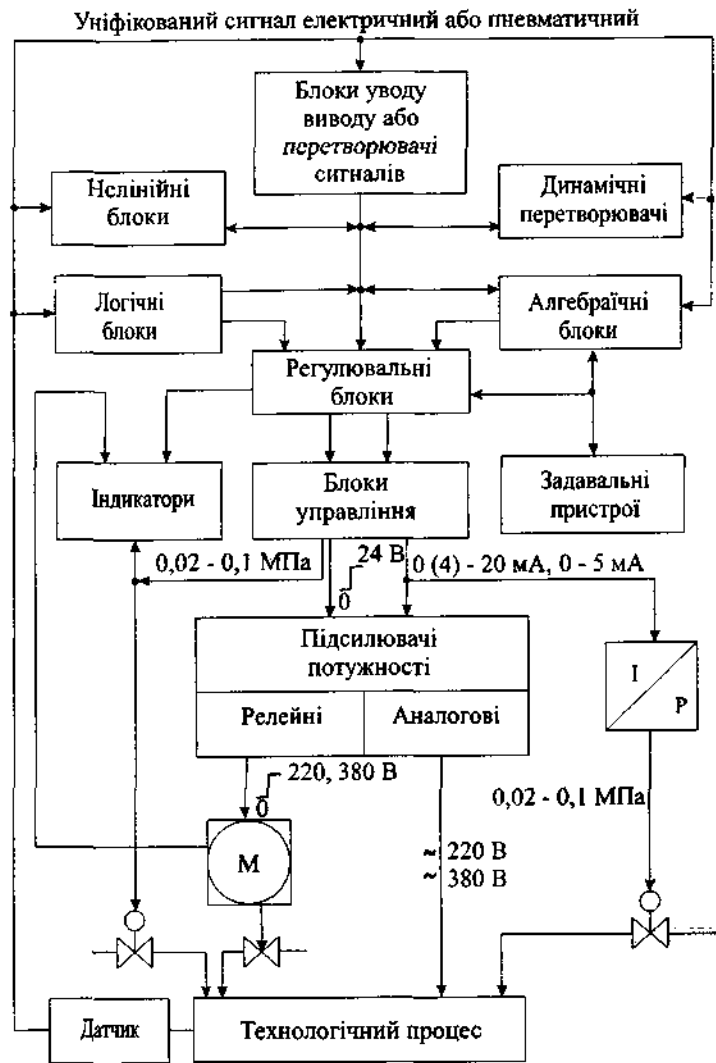


Рис. 2.1. Узагальнена структура системи управління на підставі агрегатних комплексів технічних засобів автоматизації: М - електричний виконавчий механізм; І - електричний струм; Р - тиск повітря.

Згідно представленої схеми усі блоки КТЗ у залежності від призначення можна розподілити на такі групи: вводу-виводу, функціональні, регулювальні, оперативного керування та підсилювачі потужності. У залежності від місця установки пристрої КТЗ розподіляються на щитові (пультові) і шафові для установки у зоні об'єкта. Зв'язок між блоками електричної дії найчастіше здійснюється за допомогою уніфікованих струмових сигналів, що обумовлюється у порівнянні з сигналом напруги відсутністю впливу опору лінії зв'язку на точність передачі інформації. При цьому сигнали напруги використовуються лише для передачі сигналів на невеликі відстані у межах центральної частини АСР. Вибір струмового сигналу обумовлений також тим, що є можливість порівняно нескладними засобами заглушувати різні завади у лініях зв'язку. Звичайно для цього у колі джерела напруги встановлюється демпфер у вигляді аперіодичної ланки з одиничним коефіцієнтом передачі. До того ж на постійному струмі зручно виконувати різні статичні і динамічні перетворення із застосуванням операційних підсилювачів постійного струму. Для зв'язку імпульсних (релейних) регулювальних блоків з підсилювачами потужності використовуються дискретні сигнали напруги ($\pm 24\text{В}$).

Блоки вводу-виводу (перетворювачі) інформаційних сигналів забезпечують гальванічний розподіл електричних кіл уніфікованих аналогових сигналів від датчиків технологічних параметрів з кондуктивним розподілом входних кіл від виходів, а також запобігають небезпеці замикання на землю електричних кіл датчиків. Слід відзначити, що і усередині багатьох функціональних і регулювальних блоків КТЗ передбачене гальванічне розділення входних і вихідних кіл, яке здійснюється за різними варіантами і залежить від місця включення вузла гальванічного розв'язування. Звичайно гальванічне розділення (див. рис.2.2) кіл здійснюється перетворенням входного сигналу у широтно-модульований двополярний сигнал, у якого різниця тривалостей позитивного і негативного імпульсів пропорційна величині входного сигналу.

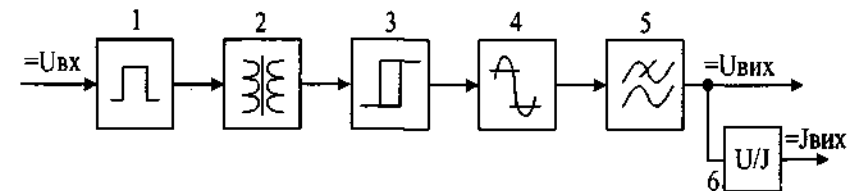


Рис. 2.2. Структурна схема каналу кондуктивного розділення.

Модулятор 1 побудований на базі операційного підсилювача з релейною характеристикою і становить собою нелінійну автоколивальну систему. За відсутності входного сигналу, завдяки достатньо глибокого пози-

тивного зворотного зв'язку і протидіючого йому із запізненням негативного зворотного зв'язку, підсилювач переключастся з одного стану насичення в інший, при цьому тривалість цих станів приблизно однакова. З появою позитивного вхідного сигналу підсилювач буде знаходитись у режимі насичення при позитивній вихідній напрузі більший час, ніж при негативній. Це призводить до підвищення тривалості позитивних імпульсів вихідної напруги. Аналогічно підсилювач здійснює роботу і при негативному вхідному сигналі, але у цьому разі підвищується тривалість негативних імпульсів вихідної напруги.

Вихідні імпульси модулятора і перемагнічують сердечник трансформатора 2, який і забезпечує гальванічне розділення. Імпульси, що виникають у вторинній обмотці трансформатора, керують тригером 3, який відновлює широтно – модульований двополярний імпульсний сигнал на своєму виході. Одночасно тригер виконує і роль підсилювача потужності імпульсного сигналу. Для виключення температурної похибки, що обумовлюється дрейфом напруги насичення тригера, його вихідні імпульси нормуються по амплітуді обмежувачем 4. Виділення постійної складової з широтно – модульованого сигналу здійснюється за допомогою активного фільтру 5, а перетворення напруги U у струм I виконується перетворювачем 6.

При передачі дискретних сигналів для здійснення гальванічного розділення застосовуються оптоелектронні перетворювачі – оптрони (див. рис.2.3), що містять світлодіод СД і фоторезистор ФР (резисторний оптрон) чи фототиристор ФТ (тиристорний оптрон).

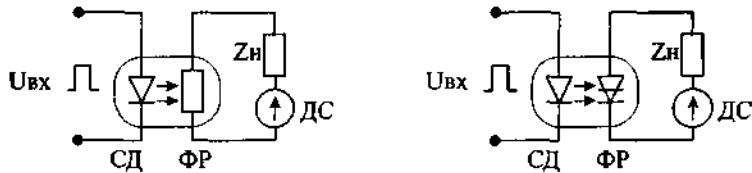


Рис.2.3. Гальванічне розділення за допомогою оптоелектронних перетворювачів.

З появою імпульсу напруги керування $U_{вх}$ світлодіод СД випромінює світло на фоторезистор ФР чи фототиристор ФТ, які переходять у провідний стан і замикають коло навантаження Z_n . Після зникнення сигналу керування випромінювання світлодіода припиняється. Опір ФР у цей момент зростає, що відповідає стану відключення кола навантаження. Відключення ФТ відбувається лише тоді, коли не тільки сигнал керування $U_{вх}$, але і струм навантаження джерела сигналу ДС зменшаться до нуля.

Ця особливість дозволяє застосовувати ФТ як правило для комутації кіл з пульсуючим до нуля струмом від ДС. Такі схеми керування використовуються у функціональних колах зворотного зв'язку регульованих імпульсних блоків.

З метою одночасного використання вхідного інформаційного сигналу від одного датчика кількома системами (регулювання, контролю, сигналізації, блокування, АСКТП вищого рівня) застосовуються схеми послідовного підключення вище перелічених систем – споживачів. Для запобігання відключення інших систем – споживачів при обриві лінії зв'язку і збереження протікання струму у послідовному колі застосовують захисний пристрій типу ВОІ у вигляді стабілітрону з нелінійною вольтамперною характеристикою, що підключається паралельно споживачам у відповідності зі схемою наведеній на рис. 2.4.

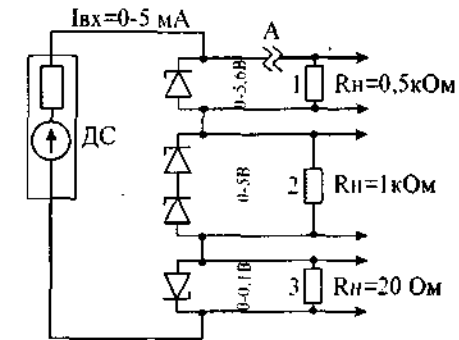


Рис.2.4.Схема розподілу струмового сигналу поміж окремими споживачами: 1 – регульовальний блок; 2 – АСКТП; 3 – вторинний прилад.

Захисний пристрій має порогову напругу U_p вмикання, яка для зворотного вмикання (за схемою звичайного діоду) дорівнює 0,6В, а для прямого вмикання (за схемою стабілітрону) складає 5,6В. При напрузі на діоді $U_d \leq U_p$ струм крізь діод дорівнює нулю, а при $U_d > U_p$ діод відкривається і струм крізь нього визначається параметрами зовнішнього кола.

У нормальному режимі струм $I_{вх}$ (див.рис.2.4) протікає крізь навантаження R_n , утворюючи на ньому падіння напруги $I_{вх}R_n$. Якщо у всьому діапазоні струмів $I_{вх}R_n \leq U_p$, діод закритий і струм крізь нього дорівнює нулю. При обриві лінії у точці А напруга на навантаженні стрибком зростає до U_p , діод відкривається, зберігаючи струмове коло замкненим. Але напруга на навантаженні R_n (на клеммах джерела ДС) зростає на величину $\Delta U = U_p - I_{вх}R_n$. Враховуючі таке зростання доцільно низькоомне навантаження ($R_n \leq 50 \text{ Ом}$) шунтувати захисним пристроєм, включеним у зворот-

ному напрямку. У випадку великого входного опору споживача ($R_n = 1 \text{ кОм}$), слід застосовувати послідовне включення захисних пристроїв для зниження похибки, пов'язаної з протіканням струму крізь стабілітрон, коли напруга на навантаженні близька до порогу включення стабілітрона.

Функціональні блоки призначені для обробки сигналів, що надходять від датчиків, і забезпечення виконання обчислювальних операцій статичного (підсумовування, множення, ділення, витягання квадратного кореня, селектування, нелінійного перетворення, порівнювання) і динамічного (диференціювання, інтегрування, демпфірування) перетворення сигналів. Необхідний закон перетворення сигналів здійснюється за допомогою негативних зворотних зв'язків, які вводяться в підсилювачі постійного струму.

Алгебраїчне підсумовування (П-закон регулювання) реалізується найчастіше схемою з негативним зворотним зв'язком по напрузі і складанням струмів, що наведена на рис.2.5.

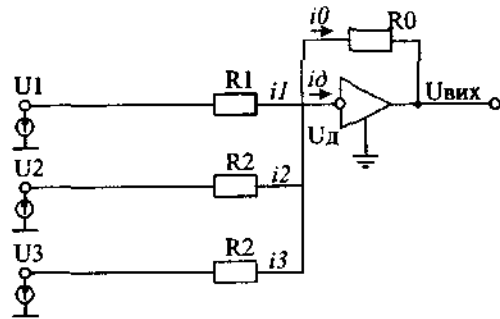


Рис.2.5. Схема підсумовування напруг за допомогою операційного підсилювача (ОУ): i – струм; R – опір; U – напруга.

З урахуванням інверсії вихідного сигналу значення вихідної напруги $U_{\text{вих}}$ буде дорівнювати:

$$U_{\text{вих}} = -K_{\text{д}} U_{\text{д}}, \quad (2.1)$$

де $K_{\text{д}}$ – коефіцієнт підсилення ОУ.

У відповідності із законом Кірхгофа для схеми, представленої на рис.2.5, справедливе рівняння:

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_0 + i_{\text{д}} \quad (2.2)$$

При цьому значення струмів визначаються за такими рівняннями:

$$i_1 = (U_1 - U_{\text{д}})/R_1; \quad i_2 = (U_2 - U_{\text{д}})/R_2; \quad i_3 = (U_3 - U_{\text{д}})/R_3; \\ i_0 = (U_{\text{д}} - U_{\text{вих}})/R_0; \quad i_{\text{д}} = U_{\text{д}}/R_{\text{д}}, \quad (2.3)$$

де $R_{\text{д}}$ – опір операційного підсилювача.

Вирішуючи систему рівнянь (2.1) – (2.3), отримаємо наступний вираз для $U_{\text{вих}}$:

$$U_{\text{вих}} = - \left[K_{\text{д}} \sum_{i=1}^3 (U_i R_0) / R_i \right] / (1 + K_{\text{д}} + R_0 / R_{\text{д}} - \sum_{i=1}^3 R_0 / R_i) \quad (2.4)$$

Враховуючі, що коефіцієнт передачі $K_{\text{д}} \gg 1$, формула (2.4) може бути спрощена і представлена у наступному вигляді:

$$U_{\text{вих}} = - \sum_{i=1}^3 (U_i R_0) / R_i \quad (2.5)$$

Відношення $R_0 / R_{\text{д}}$ є масштабним коефіцієнтом K_i . Тоді передаточна функція для наведеної схеми по i -му входу визначиться таким виразом:

$$W_i(p) = R_0(p) / R_i(p) = K_i \quad (2.6)$$

Нелінійні функції множення, возведення у квадрат, ділення, витягання квадратного кореня як правило реалізуються за часово-імпульсними схемами.

Множення двох сигналів може бути виконано за схемою (див.рис.2.6), де на вході ОУ розташований резистор R_1 , середнє значення якого за обраний інтервал часу T_0 залежить від множника напруги U_1 , тобто

$$R_1^{\text{ср}} = f(U_1) \quad (2.7)$$

Виходячи з визначення $U_{\text{вих}}$ для ОУ з одним входом можна записати наступне рівняння:

$$U_{\text{вих}} = R_2 U_2 / R_1^{\text{ср}} \quad (2.8)$$

Осереднення вихідного сигналу здійснюється фільтром низьких частот, утвореного резистором R_2 і конденсатором C . Залежність опору $R_1^{\text{ср}}$ від вхідного сигналу U_1 реалізується за допомогою ключа $K_{\text{д}}$, з'єднаного з R_1 і керуемого широтно-імпульсним модулятором (ШИМ). За час t_3 , про-

тягом якого ключ замкнений, і період появи імпульсів T_0 значення опору за цей період буде складати:

$$R_1^{cp} = R_1 / (t_3/T_0) \quad (2.9)$$

Крім того, для такої схеми справедливе співвідношення:

$$(t_3/T_0) = kU_1, \quad (2.10)$$

де k -коефіцієнт пропорційності ШИМ.

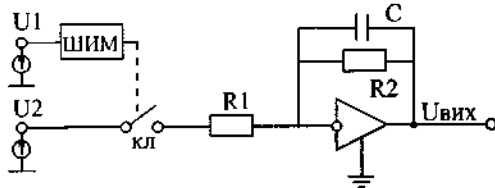


Рис.2.6. Канал нелінійних перетворювань для виконання операції множення.

Ураховуючи рівняння (2.9) і (2.10) можна записати наступне рівняння для визначення R_1^{cp} :

$$R_1^{cp} = R_1 / kU_1 \quad (2.11)$$

Підставивши отримані значення для R_1^{cp} у формулу (2.8), величина вихідної напруги визначиться наступним виразом:

$$U_{вих} = R_2 k U_1 U_2 / R_1 \quad (2.12)$$

Піднесення у квадрат здійснюється також за вищевказаною схемою, але на відміну від неї входи напруг U_1 і U_2 об'єднуються.

Ділення сигналів виконується у відповідності зі схемою, представленою на рис.2.7, яка відрізняється від схеми множення лише тим, що керований резистор включений у коло негативного зворотного зв'язку ОУ. При цьому середнє значення опору R_2^{cp} , як і у попередньому випадку, буде дорівнювати:

$$R_2^{cp} = R_2 / kU_1 \quad (2.13)$$

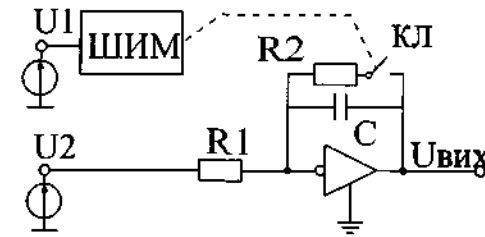


Рис.2.7. Канал нелінійних перетворень для виконання операції ділення.

З урахуванням виразу (2.5) для одного входу рівняння, що визначить вихідний сигнал буде мати вигляд:

$$U_{вих} = [R_2 / (R_1 k)] / (U_2 / U_1) \quad (2.14)$$

Витягання квадратного кореня може бути реалізованим за допомогою схеми ділення двох сигналів. При цьому вхід дільника U_1 з'єднується з виходом $U_{вих}$ (див.рис.2.7). За таких умов $U_{вих} = U_1$, а вихідна напруга з урахуванням рівняння (2.14) буде визначатися наступною формулою:

$$U_{вих} = \sqrt{\frac{R_2 U_2}{k R_1}} \quad (2.15)$$

Можлива і інша схема (див.рис.2.8). У цій схемі операція витягання квадратного кореня виконується за допомогою ОУ, у колі негативного зворотного зв'язку якого включений пристрій піднесення у квадрат (Π).

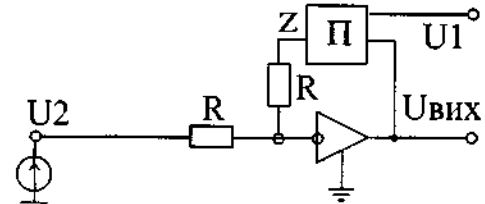


Рис.2.8. Канал нелінійних перетворень для виконання операції витягання квадратного кореня.

При цьому вихідна напруга Z буде дорівнювати:

$$Z = kU_{\text{вих}}^2 \quad (2.16)$$

З урахуванням того, що $U_2 = Z$ (рис.2.8), отримаємо наступну формулу для $U_{\text{вих}}$:

$$U_{\text{вих}} = \sqrt{U_2 / k} \quad (2.17)$$

Інтегрування (І – закон регулювання) напруг здійснюється за допомогою пасивних елементів опору і конденсатора (див. рис.2.9). Як відомо, кількість електрики Q пов'язана з різницею потенціалів U на пластинах конденсатора C співвідношенням:

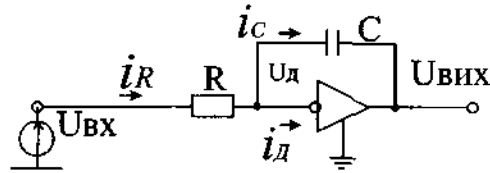


Рис. 2.9. Канал інтегрування.

$$Q = CU \quad (2.18)$$

При цьому, кількість електрики також визначається і величиною струму, який проходить крізь конденсатор, згідно рівняння:

$$Q = \int_0^t i_C dt \quad (2.19)$$

Враховуючи вирази (2.18) і (2.19) значення U визначиться співвідношенням:

$$U = \frac{1}{C} \int_0^t i_C dt \quad (2.20)$$

Це співвідношення і використовується у схемі інтегруючого підсилювача. У відповідності зі схемою 2.5 за умов малих вхідних опорів і струму вираз для визначення i_C буде мати вигляд:

$$i_C = i_R = U_{\text{вх}} / R \quad (2.21)$$

З урахуванням останнього та співвідношення (2.20) отримаємо наступне рівняння для $U_{\text{вих}}$:

$$U_{\text{вих}} = \frac{1}{RC} \int_0^t U_{\text{вх}} dt \quad (2.22)$$

При цьому передаточна функція буде мати такий вигляд:

$$W(p) = 1 / T_{\text{И}} p, \text{ де } T_{\text{И}} = RC \quad (2.23)$$

Диференціювання (Д-закон регулювання) напруг реалізується за схемою, що представлена на рис.2.10.

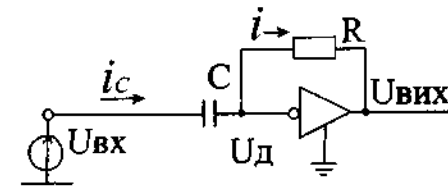


Рис.2.10.Канал диференціювання.

З урахуванням того, що $i_C = i$, а $U_{\text{д}} \rightarrow 0$, рівняння для визначення i_C буде мати вигляд:

$$i_C = C \frac{d(U_{\text{вх}} - U_{\text{д}})}{dt} \approx C \frac{dU_{\text{вх}}}{dt} \quad (2.24)$$

При цьому струм i крізь опір R визначається рівнянням:

$$i = (U_{\text{д}} - U_{\text{вих}}) / R = -U_{\text{вих}} / R \quad (2.25)$$

Вирішуючи спільно рівняння (2.24) і (2.25) вираз для визначення $U_{\text{вих}}$ буде наступним:

$$U_{\text{вих}} = -RC \frac{dU_{\text{вх}}}{dt} \quad (2.26)$$

Передаточна функція у відповідності з (2.26) має такий вигляд:

$$W(p) = T_{др}, \text{ де } T_{д} = RC \quad (2.27)$$

Обмеження вихідних сигналів застосовується в інтеграторах при побудові регулювальних і функціональних блоків. Одна з таких схем, у якій поряд з обмеженням вихідного сигналу інтегратора реалізується операція припинення інтегрування при досягненні вихідним сигналом порогу обмеження, наведена на рис.2.11.

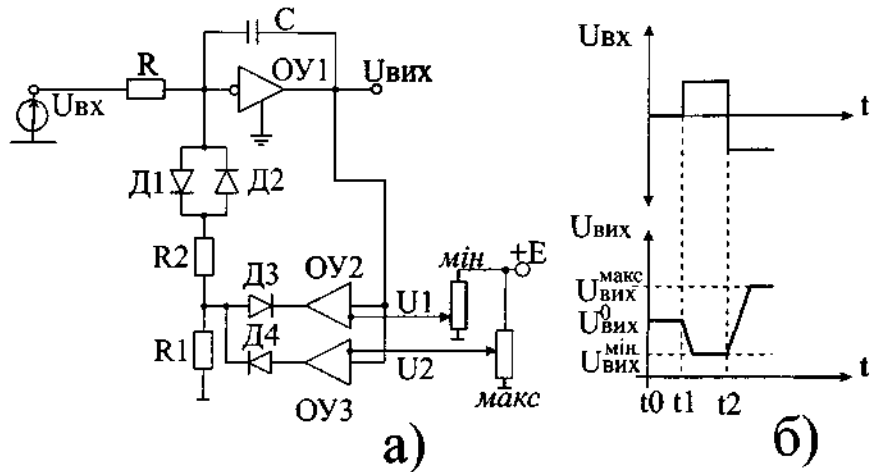


Рис. 2.11. Канал обмеження вихідних сигналів: а – схема реалізації; б – динамічна характеристика; Е – джерело напруги.

Згідно рис. 2.11 у деякий початковий момент часу t_0 вихідне значення інтегратора $U_{вих}^0$ знаходиться у діапазоні $U_1 < U_{вих}^0 < U_2$. Тоді на виході операційного підсилювача ОУ2 різниця напруг $U_{вих}^0 - U_1 > 0$, а на виході ОУ3 різниця напруг $U_{вих}^0 - U_2 < 0$. Це призведе до запирання діодів D_3 і D_4 , а отже і до запирання кола зворотного зв'язку через резистор R_2 . Якщо у деякий момент часу t_1 на вхід інтегратора буде подана позитивна напруга $U_{вх}$, то вихідний сигнал $U_{вих}$ почне зменшуватись за інтегральним законом до тих пір, доки сигнал $U_{вих}$ не стане дорівнювати найменшому пороговому значенню U_1 . У цей момент ($U_{вих} \leq U_{вих}^{мін} = U_1$), коли на виході ОУ2 різниця $(U_{вих} - U_1) < 0$, діод D_3 відкриється і інтегратор опиниться охопленим жорстким негативним зворотним зв'язком через ОУ2. При цьому вихідний сигнал буде обмеженим "знизу", а інтегрування припиниться. Якщо у момент часу t_2 вхідний сигнал $U_{вх}$ змінить знак на негативний, то коло обмеження "знизу" через ОУ2 буде відключеним. Це пояс-

нюється тим, що $U_{вих} > U_1$ і на виході ОУ2 різниця $(U_{вих} - U_1) > 0$. За такої умови діод D_3 буде закритим. Як тільки вихідний сигнал досягне верхнього межового значення U_2 , тобто за умов, коли $U_{вих} \geq U_2 = U_{вих}^{макс}$ на виході ОУ3 різниця $U_{вих} - U_2 > 0$, діод D_4 відкриється і інтегрування припиниться. Отже, наступить режим обмеження вихідного сигналу "зверху". Встановлення порогових значень у регулювальних блоках звичайно здійснюється за допомогою ручок потенціометрів. Для підвищення точності інтегрування застосовані діоди D_1 і D_2 з резистором R_1 , які запобігають проходженню малих зворотних струмів при закритті діодів D_3 чи D_4 на вхід ОУ1.

Порівнювання сигналів (напруг) найчастіше використовується при реалізації позиційного закону регулювання. Найпростіша схема порівнювання з опорною напругою $U_{оп}$ наведена на рис.2.12.

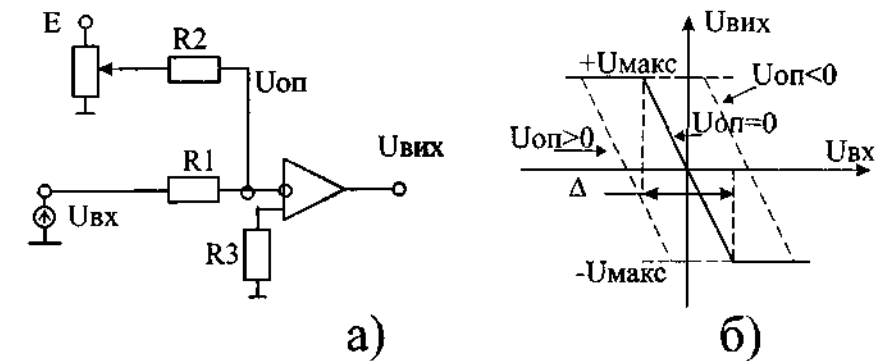


Рис.2.12.Канал порівнювання двох напруг: а – схема реалізації; б – статична характеристика (Е – джерело напруги).

У відповідності зі схемою, коли $U_{оп} = U_{вх}$, вихідний сигнал $U_{вих} = 0$. За умови $U_{вх} > U_{оп}$, сигнал $U_{вих}$ швидко зменшується до мінімального значення $(-U_{макс})$, а за умови $U_{вх} < U_{оп}$, сигнал $U_{вих}$ швидко підвищується до максимального значення $(+U_{макс})$. При цьому зона невизначеності Δ визначається таким виразом:

$$\Delta = 2U_{макс} / K_0, \quad (2.28)$$

де K_0 – коефіцієнт підсилення ОУ.

Недолік вищерозглянутої схеми (рис.2.12а) полягає у можливості безперервної пульсації вихідної напруги у межах від $(-U_{макс})$ до $(U_{макс})$

при тривалому перебуванні вхідного сигналу $U_{вх}$ у зоні $U_{оп}$. Тому застосування такого пристрою у якості реле недоцільно. Усунення такого недоліку здійснюється застосуванням позитивного зворотного зв'язку, що дозволяє утворити зону вороття h (див. рис.2.13), величина якої встановлюється рівнянням:

$$h = 2U_{макс}R_1/(R_1+R_2) \quad (2.29)$$

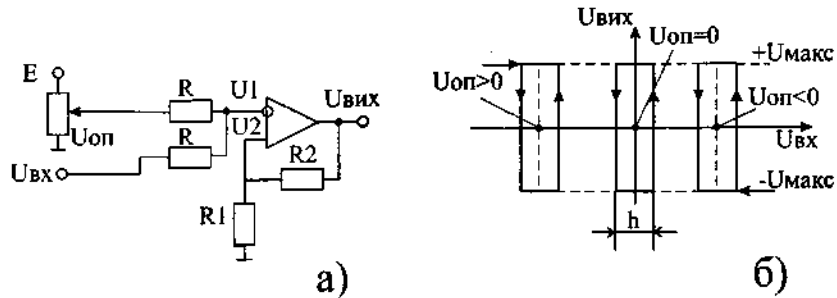


Рис.2.13. Канал порівнювання двох напруг із визначеною зоною вороття: а – схема реалізації; б статична характеристика.

Умови спрацьовування такого пристрою ідентичні попередньому.

Селектування сигналів застосовується для реалізації операції виділення максимального чи мінімального значення з кількох вхідних сигналів. На рис.2.14 наведена спрощена схема виділення найбільшого з двох вхідних сигналів.

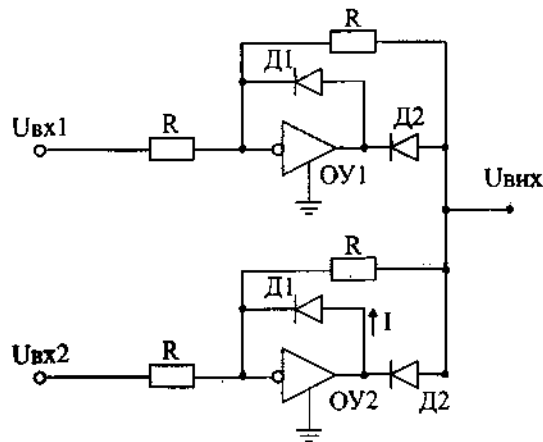


Рис.2.14. Схема виділення максимального сигналу.

Аналогові виходи підсилювачів ОУ1 і ОУ2 з'єднані в одну точку і утворюють вихід всієї схеми селектування. Якщо $U_{вх1} > U_{вх2}$, то діод $Д_2$ підсилювача ОУ2 буде закритим, а діод $Д_1$ – відкритим і струм I крізь $Д_1$ буде дорівнювати величині $I = (U_{вих} - U_{вх2})/R$. Вихідний сигнал $U_{вих}$ у такому випадку буде визначатися тільки $U_{вх1}$, тобто $U_{вих} = U_{вх1}$. Таким чином на загальний вихід схеми надходить максимальний з вхідних сигналів.

Найменший сигнал виділяється шляхом попереднього віднімання вхідних сигналів з опорної напруги, виділення найбільшої величини з отриманих результатів і подальшого віднімання цієї найбільшої величини з опорної напруги.

Регульовальні блоки з імпульсним чи аналоговим виходом здійснюють формування законів (алгоритмів) П-, ІІ- чи ПІД- регулювання, формування корегуючого впливу у багато контурних АСР для управління виконавчими підсилювачами. Функціональна структура цих блоків майже ідентична.

Аналогові блоки містять вимірювальне коло, прямий канал, що складається з операційного підсилювача, вузла обмеження, нормуючого підсилювача, реле і джерела живлення. У вимірювальному колі відбувається перетворення струмових сигналів у сигнали напруги і послідовне підсумовування сигналів з метою виділення сигналу розузгодження. На вході операційного підсилювача підсумовується вхідний сигнал розузгодження і сигнал зворотного зв'язку, який формує алгоритм регулювання. Нормуючий підсилювач перетворює вихідну напругу вузла обмеження у струмів сигнал та гальванічно розділяє вхідні і вихідні кола блоку. За допомогою реле забезпечується вмикання та вимикання регульовального блоку, тобто здійснюється безударна зміна режиму керування (ручний чи автоматичний) від блоку оперативного керування. Вихідний сигнал аналогових регульовальних блоків – уніфікований сигнал постійного струму, який може надходити до електропневматичного перетворювача (опозиціонера), аналогового підсилювача потужності чи до ведучого контуру каскадної АСР.

Імпульсні (релейні) блоки на відміну від попереднього у прямому каналі містять операційний підсилювач, трипозиційну схему порівнювання (релейний підсилювач), головне і додаткове кола зворотного зв'язків. На виході трипозиційної схеми порівнювання встановлені тиристорні ключі, які при вмиканні підключають джерело напруги ($\pm 24V$) відповідної полярності до виходу імпульсного блоку. При цьому головне інерційне коло зворотного зв'язку забезпечує формування закону регулювання, а додаткове – необхідну тривалість включень блоку у пульсуючому режимі. Таким чином, на виході імпульсних регульовальних блоків утворюється послідовність імпульсів напруги з визначеною скважністю, яка далі прямує до релейних підсилювачів (пускатів) потужності, що забезпечують підси-

лення сигналів до значень необхідних для спрацьовування електричних виконавчих механізмів (ИМ) постійної швидкості.

Блоки оперативного керування утворюють пристрої ручного керування і задавачі. Перші призначені для дистанційного керування технологічним процесом та забезпечення перевodu АСР з дистанційного (ручного) режиму керування на автоматичний і назад. Найчастіше ці блоки містять індикатори для контролю за положенням виконавчого пристрою. Другі забезпечують дистанційне керування завданням регулятора, величина сигналу постійного струму якого уніфікована.

Підсилювачі потужності (аналогові, релейні) призначені для підсилення аналогових струмових сигналів, дискретних сигналів постійної напруги, формування сигналів для здійснення гальмування електродвигуна ИМ. Аналогові підсилювачі це безконтактні тиристорні пристрої з фазовим керуванням. Вони використовуються у комплекті з аналоговими регулювальними блоками і призначені для керування об'єктом, що вимагає безперервної зміни електричного сигналу (електропечі, електродвигуни). Релейні підсилювачі потужності застосовуються у комплекті з імпульсними регулювальними блоками у системах, де у виконавчому пристрої використовується електричний ИМ постійної швидкості. Існують два типи релейних підсилювачів: безконтактні тиристорні і контактні магнітні. В обох випадках після зняття керуючого сигналу забезпечується гальмування електродвигуна ИМ (механічне, конденсаторне чи постійним струмом).

Умови застосування блоків обумовлені як правило розташуванням їх у загальній схемі АСКТП. Підсилювачі потужності не вимагають систематичного обслуговування і розраховані на навісний монтаж у спеціальних шафах, які у залежності від прийнятої компоновки можуть бути розташовані у зоні об'єкта, на звичайному щиті керування або у проміжній зоні. Усі інші вище перелічені блоки розраховані для щитового чи пультового утопленого монтажу на вертикальній або похилій площині. Застосовуються в умовах температур навколишнього повітря від 5 до 50°C і відносній вологості до 80% у вибухобезпечних зонах приміщень за відсутності агресивних компонентів у повітрі. Неприпустима експлуатація блоків за наявності впливу зовнішніх магнітних полів напруженістю понад 400А/м, а також вібрації місць кріплення блоків з частотою вище 25Гц і амплітудою більше 0,1мм. Ймовірність безвідмовної роботи протягом 2000 год складає 0,96 – 0,98.

2.2.ЕЛЕКТРИЧНА УНІФІКОВАНА СИСТЕМА ПРИБЛАДІВ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ “КАСКАД”.

Система КАСКАД першої черги є транзисторним електричним уніфікованим комплексом приладів автоматичного регулювання, що використовує сигнали зв'язку постійного струму, а система КАСКАД-2 – це комплекс засобів, побудований на мікроелектронній базі і використовує сигнали постійних струму, напруги, а також дозволяє безпосередньо здійснювати підключення сигналів термоЕДС у межах 0 – 50мВ і термоопору у межах 0 – 100 Ом. Живлення блоків від мережі змінної напруги 220В частотою 50 чи 60Гц. У більшості приладів цих комплексів передбачене гальванічне розділення вхідних і вихідних кіл. Блоки складаються з шасі і корпусу. Шасі приладу вільно переміщується у корпусі, конструкція якого уніфікована для всіх щитових блоків (крім блоків оперативного керування), при цьому будь-який щитовий прилад може бути вставлений у будь-який корпус. На задній стінці корпусу встановлений клемник з гвинтовими з'єднаннями, розрахованими на підключення зовнішнього 20 – жильного (КАСКАД) чи 32 – жильного (КАСКАД-2) кабелю. Усі щитові блоки мають однакові габаритні розміри і масу (за виключенням блоків оперативного керування): КАСКАД - 80×160×508 мм, маса не більше 7 кг; КАСКАД-2 - 60×160×525 мм, маса не більше 5 кг. Засоби КАСКАД першої черги на цей час окрім блоків оперативного керування зняті з виробництва.

Виготовник – ВАТ “Московський завод теплової автоматики” (МЗТА).

Комплекс технічних засобів КАСКАД першої черги утворюють майже 20 функціонально і конструктивно завершених пристроїв. Номенклатура і технічні характеристики основних блоків наведені у табл. 2.1.

У комплекті з системою КАСКАД як правило використовують два типи електричних виконавчих механізмів постійної швидкості МЕО: з трифазним асинхронним електродвигуном і черв'ячним редуктором та з двофазним електродвигуном і циліндричним редуктором. При увімкненні блоків у схеми АСР невикористанні входи закорочуються.

Блок регулювальний аналоговий типу Р12 має взаємнезалежні параметри настроювання і три виконання. Призначений для застосування в АСР у вигляді регулювального пристрою. Формує алгоритм управління за рівнянням (при $X_{\min} < X_{\text{вих}} < X_{\max}$):

$$X_{\text{вих}}(P) = \frac{K_p}{1 + T_{\text{ДФ}}P} \left(1 + \frac{1}{T_{\text{И}}P} + T_{\text{Д}}P \right) \cdot X_{\text{вх}}(P), \quad (2.30)$$

Таблиця 2.1. Технічні характеристики пристроїв комплексу КАС-КАД першої черги.

Найменування блоку	Тип	Опір (потужність) навантаження, кОм (В*А)	Сигнали		Споживча потужність, В*А
			вхідні	вихідні	
1	2	3	4	5	6
Аналоговий регулювальний блок з неперервним вихідним сигналом	P12	2 ÷ 3	0 ÷ 5mA 0 ÷ 20mA 0 ÷ 2,5В	0 ÷ 5mA	10
Релейний регулювальний блок з імпульсним вихідним сигналом	P21	8	0 ÷ 5 mA 0 ÷ 20mA 0 ÷ 2,5В ±24В (дискретний)	дискретний 0 чи ± 24В	30
Блок підсумовування з неперервним вихідним сигналом	A04	0 ÷ 3	0 ÷ 5 mA	0 ÷ 5 mA	8
Блок множення з неперервним вихідним сигналом	A31	0 ÷ 3	0 ÷ 5mA 0 ÷ 2,5В(може бути один)	0 ÷ 5 mA	8
Блок ділення з неперервним вихідним сигналом	A32	0 ÷ 3	0 ÷ 5mA	0 ÷ 5 mA	8
Блок витягання квадратного кореня з неперервним вихідним сигналом	A33	0 ÷ 3	0 ÷ 5mA	0 ÷ 5 mA	8
Блок вимірювальний з неперервним вихідним сигналом	И04	Визначається припустимою зміною масштабового коефіцієнта	0 ÷ 5mA	0 ÷ 2,5В	8

Закінчення табл. 2.1.

1	2	3	4	5	6
Блок диференціювання з неперервним вихідним сигналом	Д01	0 ÷ 2,5	0 ÷ 5mA 0 ÷ 20mA 0 ÷ 2,5В	-5 ÷ 0 ÷ 5mA	8
Блок динамічного перетворення з неперервним вихідним сигналом	Д03	0 ÷ 2,5	0 ÷ 5mA -5 ÷ 0 ÷ 5mA дискретний 0 чи ± 24В	0 ÷ 5mA -5 ÷ 0 ÷ 5mA	8
Блок обмеження з неперервним вихідним сигналом	Н02	0 ÷ 3	0 ÷ 5mA 0 ÷ 20mA	0 ÷ 5mA	8
Аналогово - релейний перетворювач	Л02	*	0 ÷ 5mA 0 ÷ 2,5В	дискретний 0 чи ± 24В	10
Задавальний пристрій струмовий	ЗУ05	0 ÷ 3	кут повороту 0 ÷ 255град.	0 ÷ 5mA	5
Задавальний пристрій потенціометричний	ЗУ11	-	кут повороту 0 ÷ 275град.	0 ÷ 2,2кОм	-
Блок керування аналоговий	БУ12	0 ÷ 3	кут повороту 0 ÷ 255град.	0 ÷ 5mA	5
Блок керування релейний	БУ21	(25)	постійна або змінна напруга у межах електричних навантажень комутаційних елементів: напруга 20 ÷ 300В; струм 0,033 ÷ 0,6А	-	-
Пристрій динамічного зв'язку	КДС-Б	100 МОм	дискретний 0, чи ± 24В	-24 ÷ 0 ÷ 24В	-
Блок узгоджувачів приставок	В21	(8)**	дискретний 0 чи ± 24В	дискретний 0 чи ± 24В	-
Блок показчиків сигналів	В12	-	0 ÷ 5mA 0 ÷ (±)0,625В	-	-
Задавальний пристрій струмовий	ЗУ50	2 0,5	0 ÷ 255град.	0 ÷ 5mA 0(4) ÷ 20mA	5
Індикатор положення уніфікований	ИПУ	0,07 кОм	0 ÷ 14В	-	8

Примітка: * комутаційна спроможність контактів реле по напрузі 6 ÷ 36В, а по струму не більше 1А; ** наведена величина відповідає активному навантаженню, а індуктивна складова необмежена.

де $X_{вих}(P)$, $X_{вх}(P)$ – вихідні і вхідні сигнали перетворені по Лапласу; K_p – коефіцієнт пропорційності, що у залежності від виконання може змінюватись у діапазоні $0,5 \div 100$; T_i – постійна часу інтегрування, яка може для різних виконань бути встановлена у межах від 0,5 до 2000 с; T_d/T_i – відношення постійної часу диференціювання до постійної часу інтегрування, що може змінюватись у діапазоні $0 \div 0,5$; $T_{дф}/T_i$ – відношення постійної часу демпфірування до постійної часу інтегрування, що може бути встановлено у межах від 0 до 0,12; $X_{макс}$ – рівень обмеження вихідного сигналу по максимуму; $X_{мін}$ – рівень обмеження по мінімуму; P – оператор Лапласа.

Схема зовнішніх з'єднань блоку представлена на рис.2.15.

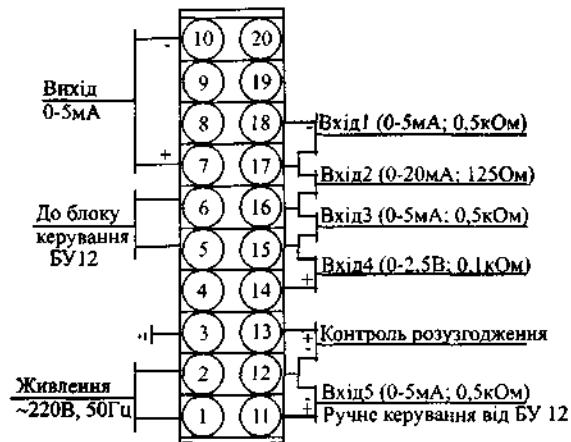


Рис.2.15. Схема зовнішніх з'єднань блоку типу P12.

Полярність сигналів на входах 1-4 може бути будь-яка, а на вході 5 – тільки як вказано на рис. 2.15.

Блок регулювальний релейний P21 має взаємозалежні параметри налаштування, два виконання (для повільних технологічних процесів і процесів з середнім часом протікання) і призначений для застосування в АСР у вигляді регулювального пристрою. Формує разом з виконавчим механізмом постійної швидкості алгоритм управління за рівнянням:

$$X_{вих}(P) = \frac{K_p}{1 + T_{дф}P} \left(1 + \frac{1}{T_i P} \right) \cdot X_{вх}(P) \quad (2.31)$$

де $K_p = 100/(V_{св}T_m)$ – коефіцієнт пропорційності, а орган налаштування регулятора швидкість зв'язку $V_{св}$, яка може змінюватись у діапазо-

ні 0,1-2,5(%)/с; T_i – постійна часу інтегрування, яка у залежності від виконання може бути встановлена у межах від 5 до 2000с; $T_{дф}$ – постійна часу демпфірування, що може змінюватись у діапазоні $0 \div 9$ с; T_m – час повного переміщення вихідного органу виконавчого механізму, с.

Додатково блок P21 має органи налаштування тривалості імпульсів $t_m = 0,1 - 1$ с і зони нечутливості $\Delta = 0,2 - 1,6\%$. Схема зовнішніх з'єднань блоку наведена на рис.2.16.

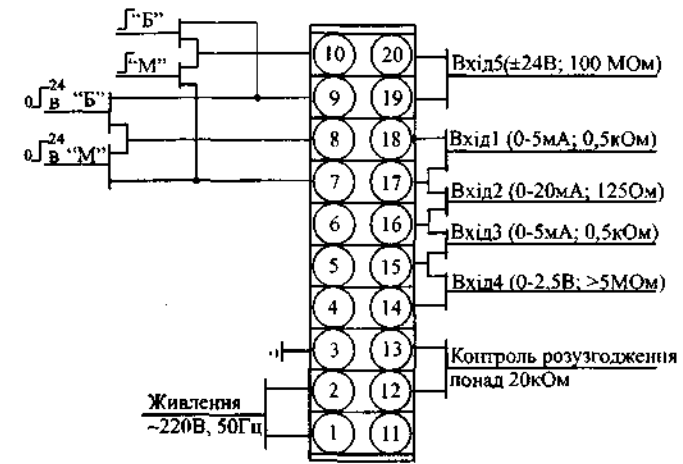


Рис.2.16. Схема зовнішніх з'єднань блоку P21.

Полярність зовнішніх з'єднань блоку на входах може бути будь-яка. При позитивній полярності сигналу розузгодження на клемі 14 по відношенню до клемі 18 і відповідно на клемі 13 по відношенню до клемі 12 блок спрацьовує у напрямку "більше" (Б). У цьому ж напрямку блок спрацьовує при позитивній полярності сигналу "входу 5" на клемі 19 по відношенню до клемі 20. При зворотній полярності сигналів блок спрацьовує у напрямку "менше" (М).

Блок підсумовування A04 забезпечує підсумовування з незалежним масштабуванням чотирьох струмових сигналів. Взаємозалежні параметри налаштування – масштабні коефіцієнти та сигнал зміщення.

Блок множення A31 забезпечує формування вихідного сигналу, що дорівнює добутку двох вхідних сигналів. При об'єднанні входів блок виконує операцію піднесення у квадрат.

Блок ділення A32 забезпечує формування вихідного сигналу, що дорівнює відношенню двох вхідних сигналів.

Блок витягання квадратного кореня A33 забезпечує формування вихідного сигналу, що пропорційний кореню квадратному з вхідного сиг-

налу. Найчастіше застосовується для лінеаризації статичної характеристики витратомірів змінного перепаду тисків.

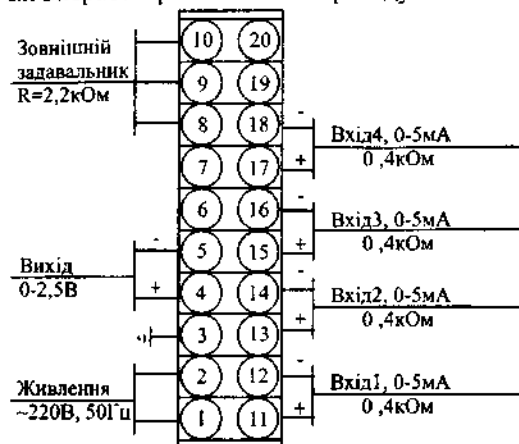


Рис.2.17. Схема зовнішніх з'єднань блоку ІО4

Блок вимірювальний ІО4 забезпечує підсумовування з незалежним масштабуванням чотирьох струмових сигналів, а також формування сигналу завдання і сигналу розузгодження. Схема зовнішніх з'єднань блоку наведена на рис.2.17. Найчастіше застосовується у складі аналогового чи релейного регулювальних блоків як пристрій, що формує сигнал розузгодження між входними струмовими сигналами і сигналом завдання.

Сигнал завдання у цьому випадку встановлюється безпосередньо на блоці за допомогою ручки "коректор", а також за допомогою зовнішнього потенціометричного задавача ЗУ11. У схемах регулювання співвідношення, якщо не треба оперативної зміни завдання, блок ІО4 застосовується без зовнішнього задавача, а клеми 8 -10 при цьому закорочуються. Вхідні і вихідні сигнали вважаються позитивними, якщо їх полярність відповідає вказаній на рис.2.17. На відміну від попередніх блоків не використані входи залишаються вільними.

Блок диференціювання Д01 служить для формування вихідного сигналу, що характеризує швидкість зміни вхідного сигналу. Виконує операцію реального диференціювання у відповідності із залежністю:

$$X_{\text{вих}}(P) = \frac{K_d}{1 + T_{\text{дф}}P} \cdot \frac{T_d P}{1 + T_d P} \cdot X_{\text{вх}}(P), \quad (2.32)$$

де K_d – коефіцієнт підсилення, що може змінюватись у межах 0,05 – 10; T_d – постійна часу диференціювання з діапазоном настроювання 0,5 – 530с; $T_{\text{дф}}$ – постійна часу демпфірування для настроювання у межах 0 ÷ 10с.

Блок має можливість закорочування диференційної ємкості. За таких умов включення блок реалізує П – алгоритм перетворення. Основний варіант включення блоку передбачає застосування його у складі АСР для

підвищення якості процесу регулювання. Схема зовнішніх з'єднань представлена на рис. 2.18.

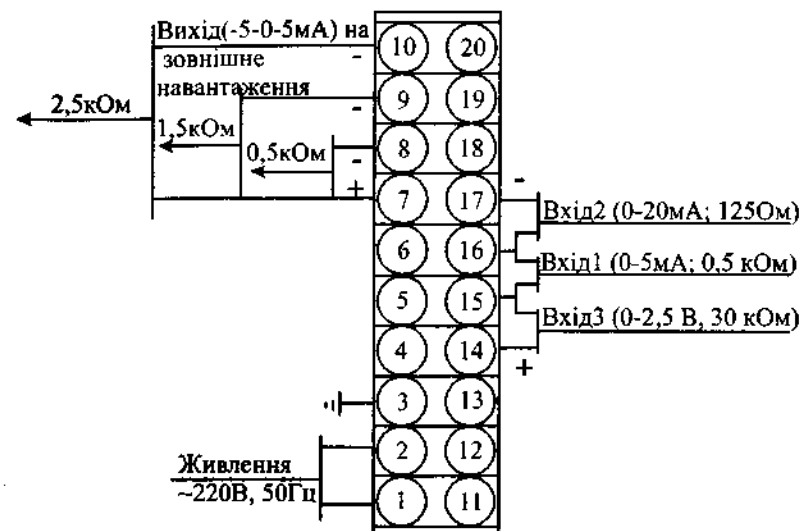


Рис.2.18. Схема зовнішніх з'єднань блоку Д01

Полярність вихідного сигналу, що наведена на рис.2.18 відповідає знаку вхідних сигналів, невикористані входи необхідно закорочувати.

Блок динамічного перетворення Д03 призначений для застосування в АСР у якості обчислювального чи корегуючого пристрою, виконуючого операції диференціювання, інтегрування (до того ж інтегрування імпульсів), демпфірування, підсилення, обмеження. Для кожного варіанту включення передбачається демпфірування вхідного і обмеження вихідного сигналів. Передбачена можливість дистанційної зміни величини коефіцієнта підсилення і постійної часу дискретними зовнішніми сигналами (автопідстроювання)

Блок обмеження Н02 призначений для забезпечення обмеження по одному з двох входів регулювального впливу по мінімуму чи максимуму.

Блок аналогово – релейного перетворення Л02 призначений для застосування в АСР у якості логічного пристрою, що здійснює перетворення аналогового сигналу у релейний контактний вихід (перемикання контактів електромагнітного реле) або у дискретний сигнал напрути постійного струму. Таке перетворення здійснюється при виконанні операції порівнювання аналогових сигналів, а також порівнювання аналогового сигналу чи алгебраїчної суми кількох сигналів з сигналом вмонтованого задавача.

Схема зовнішніх з'єднань блоку наведена на рис. 2.19.

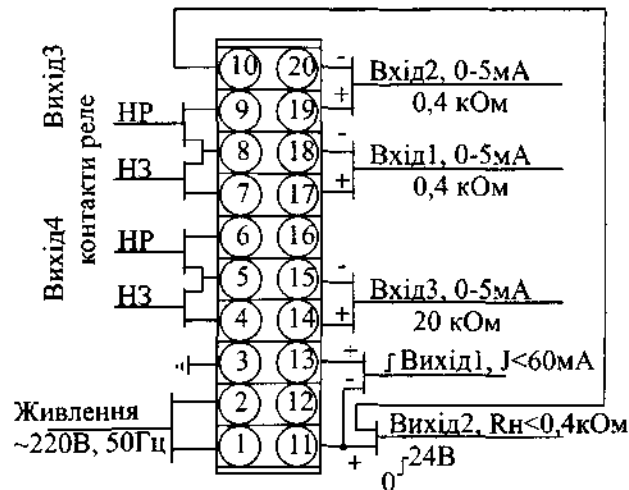


Рис. 2.19. Схема зовнішніх з'єднань блоку Л02: НЗ, НР – положення контактів реле нормально замкнене і нормально розімкнене.

Полярність сигналів, що вказана на рис. 2.19, призводить до спрацювання вихідних реле блоку, зворотна полярність - до їх відпускання. У найпростішому варіанті блок Л02 використовується як сигналізуючий пристрій при досягненні вхідним сигналом заданого значення, а також у якості двопозиційного регулятора. Якщо комутаційної спроможності контактів реле блоку Л02 недостатньо, тоді використовується зовнішнє реле, яке підключається до активного виходу ("Вихід 2").

Задавальний пристрій ЗУ05 застосовується в АСР у якості ручного струмового задавача і здійснює лінійне перетворення кута повороту потенціометра у вихідний струмовий сигнал. Схема зовнішніх з'єднань задавача представлена на рис. 2.20а. Габаритні розміри і маса задавача відповідно: 60×80×215мм і 1кг

Задавальний пристрій ЗУ11 здійснює лінійне перетворення кута повороту потенціометра у зміну опорів. Схема підключення задавача представлена на рис.2.20б. Габаритні розміри і маса задавача: 60×40×130 мм і 0,35кг.

Блок керування БУ12 забезпечує безударне перемикання аналогового регульовального блоку з ручного режиму у режим автоматичного регулювання завдяки наявності другого регульованого джерела струму, величина якого змінюється синхронно із зміною струму ручного керування навантаженням. Блок має групу контактів, комутація яких синхронізована з ро-

ботою перемикача керування. Сигнал "вихід 1" (див. рис.2.21) може контролюватися (клемми 31-32) за допомогою зовнішнього міліамперметра з внутрішнім опором до 50 Ом.

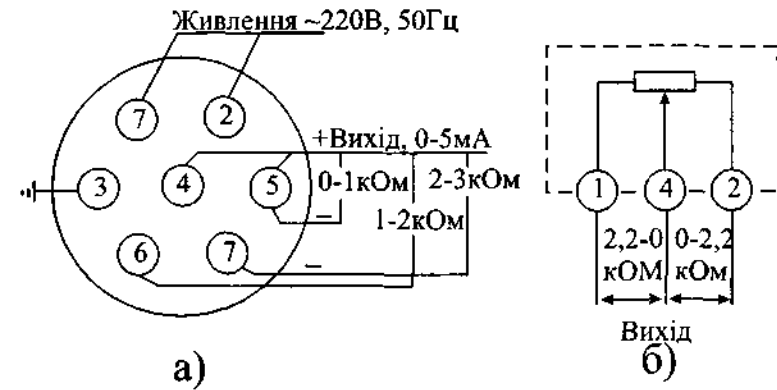


Рис. 2.20. Схеми зовнішніх з'єднань задавачів ЗУ05 (а) і ЗУ11 (б)

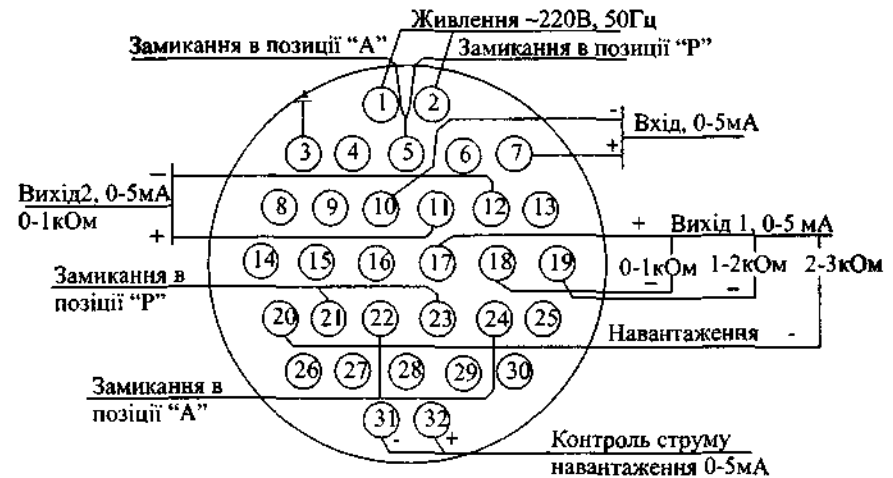


Рис. 2.21. Схема зовнішніх з'єднань блоку БУ12.

Блок БУ12 застосовується у комплекті з аналоговим регульовальним блоком. У режимі ручного керування "Р" він безпосередньо дозволяє керувати процесом. У режимі автоматичного керування "А" здійснюється підключення кіл навантаження до вихідних кіл аналогового регульоваль-

ного блоку. При цьому "Вхід" підключається до виходу регулятора, "Вихід 2" – до відповідного входу (клеми 11, 12) регулятора, а за допомогою контактів, виведених на клеми 5, 6 блоку БУ12, включається реле (режим "Р"), що розташоване у блоці Р12.

Габаритні розміри і маса блоку відповідно: 60х80х225 мм, 1,5 кг.

Блок керування релейний БУ21 забезпечує ручне керування навантаженням релейного регулювального блоку, безударне переключення з автоматичного режиму керування на ручний і зворотне переключення, здійснює комутацію кіл навантаження регулятора і формує дискретний сигнал ручного керування. Перемикач керування має три фіксованих положення режиму керування навантаженням: автоматичний (А), ручний (Р) і зовнішній (В). У положенні "В" перемикача керування кола, що з'єднують пускач з регулювальним блоком і органами ручного керування, розриваються і на пускач (навантаження) можуть подаватися сигнали від зовнішніх по відношенню до даного регулятора пристроїв (регуляторів, функціональних блоків і т.п.). Схема ручного керування побудована таким чином, що при одночасному натисканні кнопок "Б" (більше) і "М" (менше) сигнал ручного керування відсутній.

Для візуального контролю за спрацюванням регулювального блоку у бік "Б" чи "М" блок БУ21 містить кнопку виклику індикації "І" з двома індикаторними лампочками. Схема зовнішніх з'єднань блоку керування наведена на рис.2.22. Габаритні розміри і маса блоку відповідно : 60х60х180мм і 0,6кг.

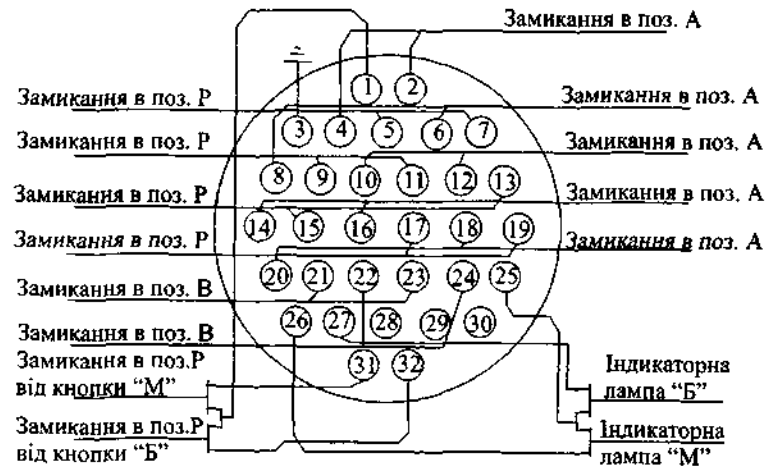


Рис.2.22. Схема зовнішніх з'єднань блоку БУ21.

Пристрій динамічного зв'язку КДС-Б призначений для здійснення динамічного зв'язку в АСР поміж релейними регуляторами. При дискретній зміні вхідного сигналу від нуля до умовної одиниці вихідний сигнал змінюється у відповідності з експоненціальною залежністю :

$$X_{\text{вих}} = K(1 - e^{-t/T}), \quad (2.33)$$

де K – коефіцієнт передачі; T – постійна часу; t – час .

Найчастіше цей пристрій застосовується для синхронізації переміщення виконавчих механізмів ведучого і веденого контурів АСР. Схема зовнішніх з'єднань КДС-Б представлена на рис.2.23. Габаритні розміри і маса пристрою відповідно : $\varnothing 138 \times 147$ мм і 1,5кг.

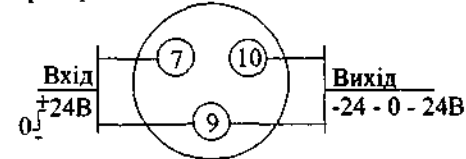


Рис.2.23. Схема зовнішніх з'єднань пристрою КДС-Б.

Блок узгоджуючих приставок В21 призначений для узгодження вихідних кіл релейних регулювальних блоків з активно – індуктивним навантаженням (магнітні пускачі). Кожний блок містить три ідентичні і незалежно діючі приставки, що дозволяє застосовувати його у складі трьох різних регуляторів.

Застосування блоку забезпечує прискоренний (у порівнянні з шунтуванням індуктивного навантаження діодом) час відпускання електромагнітних реле чи пускачів, що сприяє поліпшенню динамічних властивостей АСР у цілому. Схема зовнішніх з'єднань блоку наведена на рис.2.24.

Кола кожної з трьох приставок гальванічно ізолювані одна від іншої, а вихід гальванічно зв'язаний з її входом. Невикористані входи залишаються вільними.

Задавальний пристрій з цифровою індикацією ЗУ50 за призначенням ідентичний блоку ЗУ05, але здійснює додатково індикацію вихідного сигналу постійного струму у діапазоні 0-100% з дискретністю 0,1%. Габаритні розміри і маса відповідно : 80х60х210 мм і 0,7 кг.

Блок показчиків В12 здійснює візуальний контроль уніфікованого струмового сигналу і сигналу розузгодження на вході регулювального блоків. Містить міліамперметр з нулем у крайньому положенні і вольтметр з нулем посередині шкали. Габаритні розміри і маса відповідно: 80х60х145 мм і 0,35 кг. Схема зовнішніх з'єднань блоку наведена на рис.2.25.

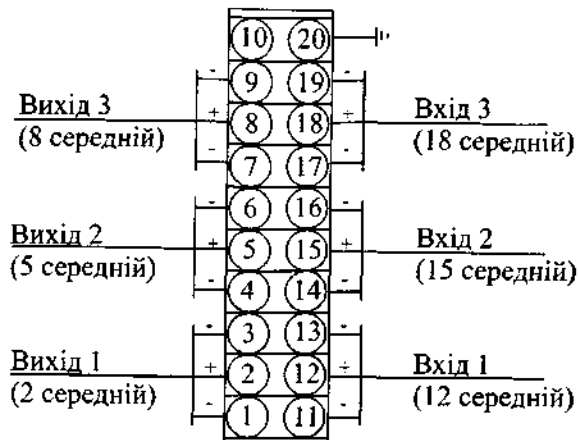


Рис 2.24 Схема зовнішніх з'єднань блоку В21.

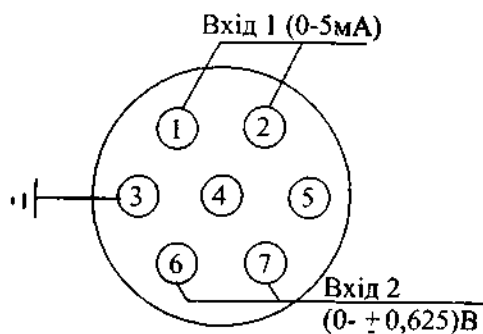


Рис 2.25 Схема зовнішніх з'єднань блоку В12.

Індикатор положення ИПУ призначений тільки для індикації положення робочого органу виконавчого механізму МЭОК за умовою, якщо останній має індуктивний або потенціометричний датчик переміщення. Напряга живлення -220В змінного струму з частотою 50Гц, а напряга живлення датчика переміщення - 14В змінного струму (дві обмотки по 7 В із загальною точкою). Шкала приладу 0-100% з ціною поділки 5%. Габаритні розміри і маса відповідно : 60×60×220 мм і 0,55 кг.

Комплекс технічних засобів КАСКАД-2 призначений для побудови складних багатоконтурних систем керування технологічних процесів у різних галузях промисловості. Комплекс складається з окремих блоків, що виконують різноманітні функції, номенклатура та окремі технічні характеристики яких наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Окремі технічні характеристики пристроїв комплексу КАСКАД 2.

Найменування блоку	Тип	Вхідні сигнали	Вихідні сигнали	Сложивча потужність, В*А
1	2	3	4	5
Блок регулювальний з неперервним вихідним сигналом	P17.1	0-5 мА, 0-10 В, зміна взаємно індуктивності на 10 мГн у межах -10+10 мГн.	0-5 мА, 0(4)-20 мА, 0-10 В	12
	P17.2	0-5 мА, 0-10 В, термоопір з НСХ 50П, 100П, 50М, 100М		
	P17.3	0-5 мА, 0-10 В, термонара з НСХ ХК(Л), ХА(К), ПП(С), ПР(В), ВР(А).		
Блок регулювальний з імпульсним вихідним сигналом	P 27	0-5 мА, 0(4)-20мА, 0-10 В (-1)- 0 -1В	Дискретний 0 чи (±)24В та (-10) чи 10В	16
	P27.1	0-5 мА, 0-10 В, заміна взаємно індуктивності на 10 мГн у межах від (-10) до 10 мГн		
	P27.2	0-5 мА, 0-10 В, термоопір з НСХ 50П, 100П, 50М, 100М		
	P27.3	0-5 мА, 0-10 В, термонара з НСХ ХК(Л), ХА(К), ПП(С), ПР(В), ВР(А)		

Продовження табл. 2.2.

1	2	3	4	5
Блок регулювальний з імпульсним вихідним сигналом і автопідстроюванням параметрів	P 28	0-5 мА, 0-10 В	Дискретний 0 чи (\pm) 24В та (-10) чи 10 В	18
Блок підсумовування і обмеження сигналів	A05	0-5, 0-20, 4-20 мА; 0-10 В		9
Блок обмеження і розмноження сигналів	A06	0-5, 0-20, 4-20 мА; 0-10, 0-2 В	0-5, 0-20, 4-20 мА; 0-10В	10
Блок обчислювальних операцій	A35	0-5 мА, 0-10 В (по входу №1), 0-5, 0-20 мА; 0-10В(по входу №2)	0-10 В	13
Блок аналого-релейного перетворення	Л03	0-5, 0-20, 4-20 мА; 0-10 В	Контактний, безконтактний ключ; дискретний сигнал 0 чи (\pm) 24	13
	Л03.1	0-5 мА, 0-10 В, зміна взаємно індуктивності на 10 мГн у межах (-10) \div 10 мГн		
	Л03.3	0-5 мА, 0-10 В, термopара з НСХ (по вибору) – ХК(Л), ХА(К), ПП(С), ПР(В), ВР(А-1)		
Блок динамічних перетворень	Д05	0-5, 0-20, 4-20 мА; 0-10 В	0-10 В	9
	Д05.1	0-5 мА, 0-10 В, зміна взаємно індуктивності на 10 мГн у межах (-10) \div 10 мГн		
	Д05.3	0-5 мА, 0-10 В, термopара з НСХ (по вибору) ХК(Л), ХА(К), ПП(С), ПР(В), ВР(А)		

Закінчення табл. 2.2.

Блок динамічних перетворень з автопідстроюванням	Д06	0-5, 0-20, 4-20 мА; 0-10 В; дискретна напруга (0; 24В) постійного струму	0-10 В	13
Блок інтегрування	Д07	0-5, 0-20, 4-20 мА; 0-10В; імпульсні (0; 24 В) постійного чи пульсуючого постійного струму; зміна стану контактних і безконтактних ключів	0-10 В, 0-5 мА (для інтегрування); 0-10 В (для сигналізації); зміна стану контактних реле	18
Блок нелінійних перетворень	Н05	0-5, 0-20, 4-20 мА, 0-10 В	0-5 мА, 0-10 В	12

Регулювальні блоки з неперервним вихідним сигналом забезпечують: алгебраїчне підсумовування уніфікованих вхідних сигналів постійного струму, а також вхідних сигналів, що надходять від вимірювальних перетворювачів з природними електричними сигналами; увід інформації про задане значення регульованого параметра; формування і підсилення сигналу відхилення регульованої величини від завдання; формування аналогового виходу по П, ПД, ПІ чи ПІД - законам регулювання згідно рівняння (2.30); обмеження вихідного сигналу по мінімуму і по максимуму; масштабування вхідних сигналів; демпфірування сигналу розузгодження; у комплекті із зовнішнім блоком керування (БУ 12) ручне керування навантаженням і безударне перемикання з режиму ручного на режим автоматичного керування та навпаки.

Модифікації блоків, що визначаються видом і номінальними діапазонами зміни вхідних та вихідних сигналів з позначенням їх у відповідності з рис. 2.26 – 2.28, наведені у табл. 2.3.

На задній стінці корпусу регулювального блоку розміщена колодка з тридцятьма комутаційними затискачами, до яких „під гвинт” підключаються зовнішні з'єднання. Крім того, виведений окремий штуцер призначений для підводу стислого повітря у внутрішню порожнину корпусу при роботі у запиленних приміщеннях.

Схема підключення блоку Р17.1 наведена на рис. 2.26. Згідно схеми (рис. 2.26) первинні обмотки усіх диференціально-трансформаторних ДТ перетворювачів включаються послідовно і живляться змінним струмом пілоподібної форми, що надходить з клем 28 і 30. Вторинні обмотки пе-

ретворювачів ДТ підключаються до входів відповідно X11 (клеми 12 і 20), X21(клеми 16 і 20) та X31 (клеми 20 і 22).

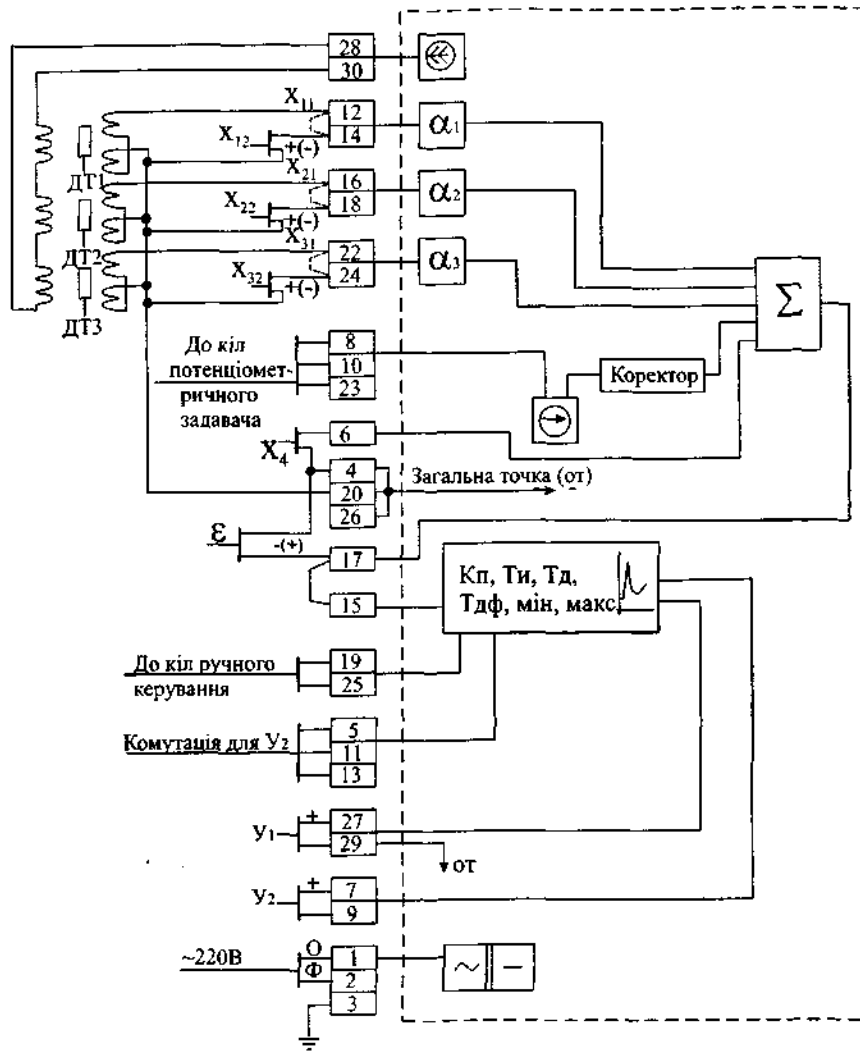


Рис.2.26. Схема підключення зовнішніх кіл до блоку P17.1 (полярність сигналів, що наведена у скобках, відповідає дії блоку у бік підвищення вихідного сигналу).

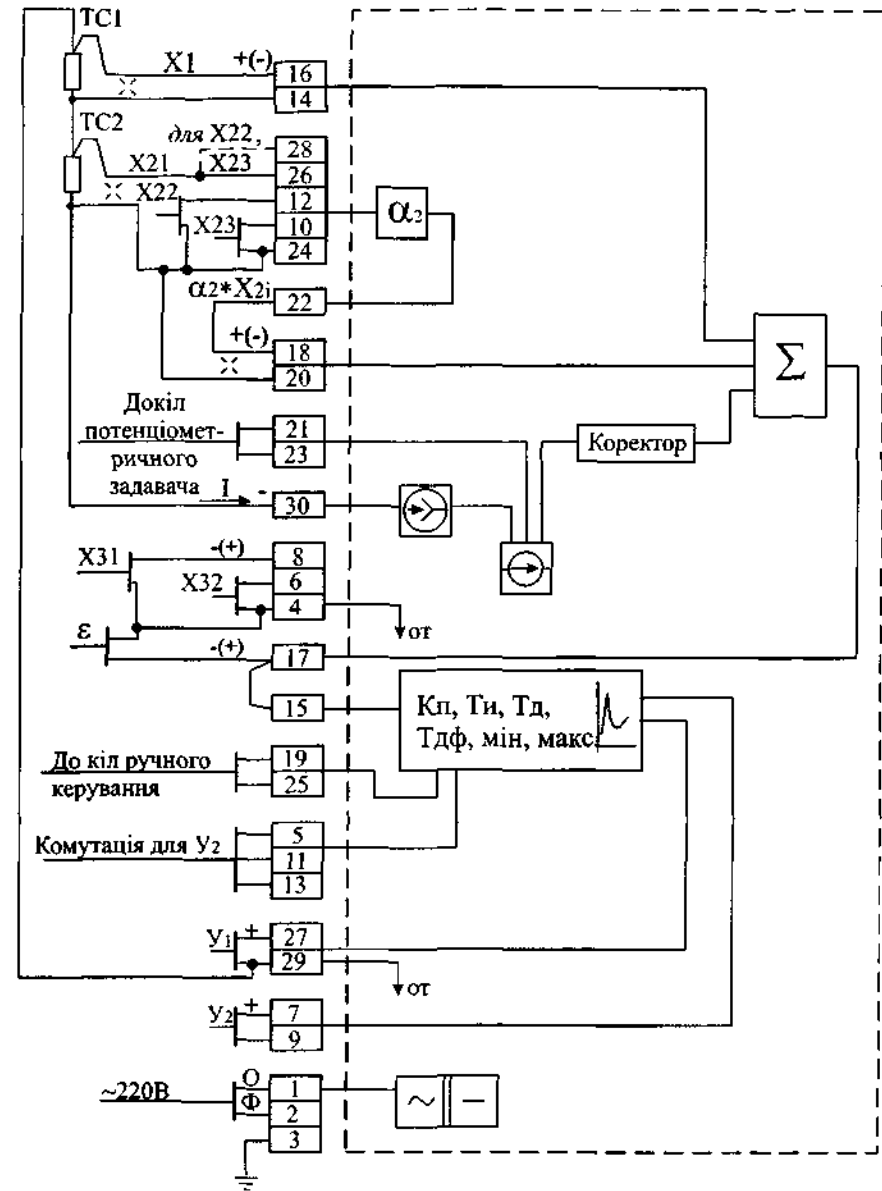


Рис.2.27. Схема підключення зовнішніх кіл до блоку P17.2 (полярність сигналів, що наведена у скобках, відповідає дії блоку у бік підвищення вихідного сигналу).

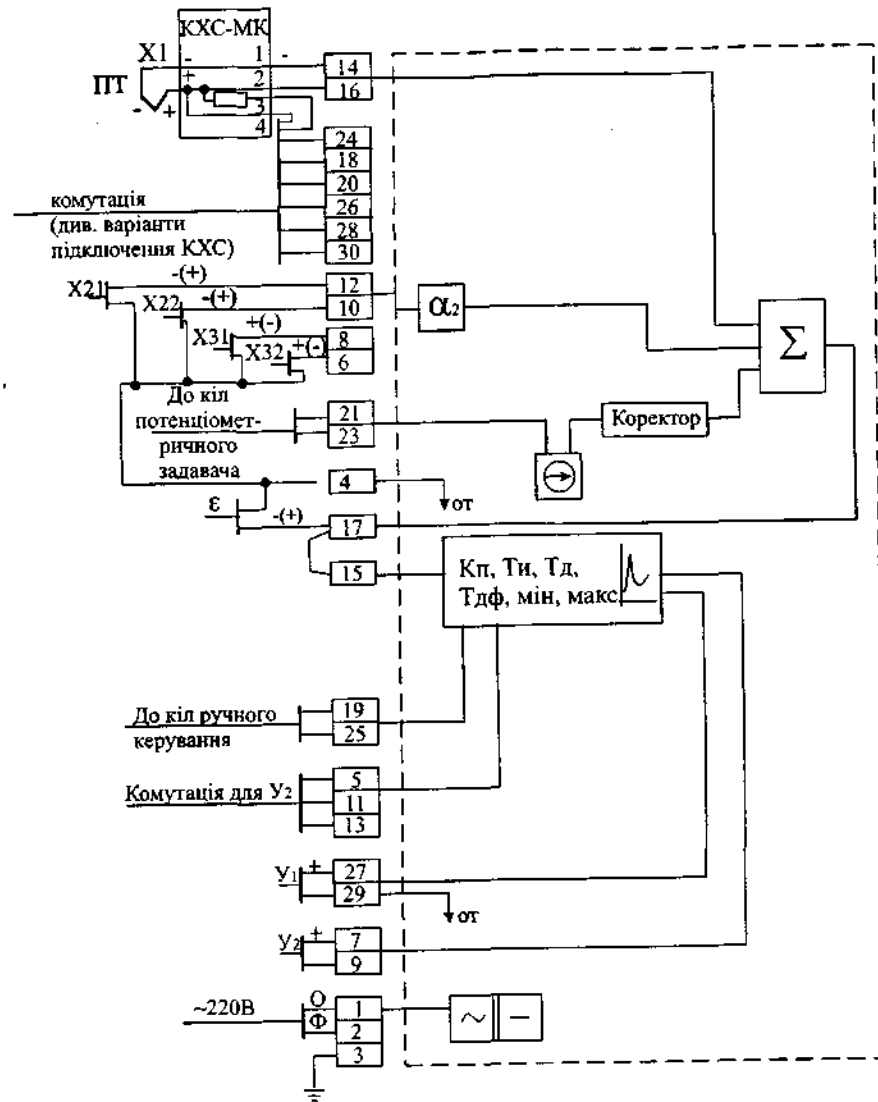


Рис.2.28. Схема підключення зовнішніх кіл до блоку P17.3 (полярність сигналів, що наведена у скобках, відповідає дії блоку у бік підвищення вихідного сигналу).

Замість сигналів кожного з ДТ можуть бути подані сигнали постійного струму тобто замість сигналу X11 від ДТ1 – сигнал X12 = 0 – 5 мА (клеми 14 і 20, а клеми 12 і 14 замикаються перемичкою).

Таблиця 2.3. Технічні характеристики регулювальних блоків з неперервним вихідним сигналом

Найменування показника	Позначення (див. рис.2.26-2.28)	Модифікація блоку		
		P17.1	P17.2	P17.3
1	2	3	4	5
Вхідні сигнали				
Термоопір, Ом (вхідний опір, кОм)			0-20 (понад 10)	-
Термоелектрорушійна сила, мВ (вхідний опір, кОм)	X1	-	-	0-10 (понад 10)
Взаємодуктивність, мГн (вхідний опір, кОм)	X11	0-10 (понад 1,5)	-	-
Постійний струм, мА (вхідний опір, кОм)	X12	0-5 (до 0,1)	-	-
Взаємодуктивність, мГн (вхідний опір, кОм)		0-10 (понад 1,5)	-	-
Термоопір, Ом (вхідний опір, кОм)	X21	-	0-20 (понад 1,5)	-
Постійний струм, мА (вхідний опір, кОм)		-	-	0-5(до 1,5)
Постійний струм, мА (вхідний опір, кОм)	X22	0-5(до 0,1)		-
Постійна напруга, В(вхідний опір, кОм)		-	-	0-10(до 0,01)
Взаємодуктивність, мГн(вхідний опір, кОм)	X31	0-10 (понад 1,5)	-	-
Постійний струм, мА (вхідний опір, кОм)		-	0-5 (до 0,5)	
Постійна напруга, В (вхідний опір, кОм)	X32	0-10 (понад 10)		
	X4	0-10 (понад 10)	-	-
Масштабні коефіцієнти передачі				
По входу X11 і X12	$\alpha 1$	0-1	-	-

Закінчення табл. 2.3

1	2	3	4	5
По входу X21 і X22	$\alpha 2$	0-1	0-1	0-5
По входу X31 і X32	$\alpha 3$	0-1	-	-
Вихідні сигнали				
Розузгодження, В (опір навантаження, кОм)	$\epsilon = X0$	0-10 (понад 10)		
Постійна напруга, В (опір навантаження, кОм)	У1	0-10(понад 2)		
Постійний струм, мА(опір навантаження, кОм)	У2	0-5 (0-2,5); 0(4)-20 (0-1)		
Загальні діапазони зміни органів настроювання				
Коефіцієнт пропорційності	Кп	0,3 – 100		
Постійна часу інтегрування, с	Тн	20-2000; 5÷500; 0,5-50		
Постійна часу диференціювання, с	Тд	0-600; 0-100; 0-10		
Постійна часу демпфірування, с	Тдф	0-10		
Примітка:				
1. Діапазон зміни термоопору на 20 Ом у межах від 0 до 100 Ом, а термоелектрорушійної сили термопар на 10 мВ у межах від 0 до 50 мВ.				
2. Діапазон зміни постійних часу Тн і Тд наведений відповідно для виконання (1, 2 і 3) регульовальних блоків, які однакові для груп приладів з припустимим відхиленням органів настроювання: А ($\pm 20\%$) і Б ($\pm 30\%$)				

Ідентично здійснюється подача сигналів постійного струму і на входи X22 (0 – 5 мА) та X32 (0 – 10 В). В останньому випадку у відповідності з рис. 2.26 перемичка не ставиться. Усі невикористані входи вимірювальної частини блоку залишаються вільними. За відсутності усіх трьох входних сигналів від ДТ ставиться перемичка на клемах 28 і 30. Вихід сигналу ϵ (клеми 17 і 4) може бути використаним для підключення вимірювального приладу (див. рис. 2.29.) з внутрішнім опором не менше 10 кОм.

Струмкові входи блоку у випадку необхідності шунтуються захисними пристроями В01 для запобігання обриву інформаційних кіл. Потенціометричний задатчик ЗУ11 може бути підключений за чотирма варіантами (див.рис.2.30). Перші три варіанти (рис.2.30а – 2.30в) мають фіксовані діапазони зміни сигналу завдання: 100% (нуль посередині), 10% і 60% від номінального діапазону зміни входного сигналу. В останньому варіанті

(рис.2.30г) діапазон зміни сигналу завдання встановлюється за допомогою органу настроювання коефіцієнта $\alpha 3$ і складає величину ($\alpha 3 * 100\%$) з нулем посередині.

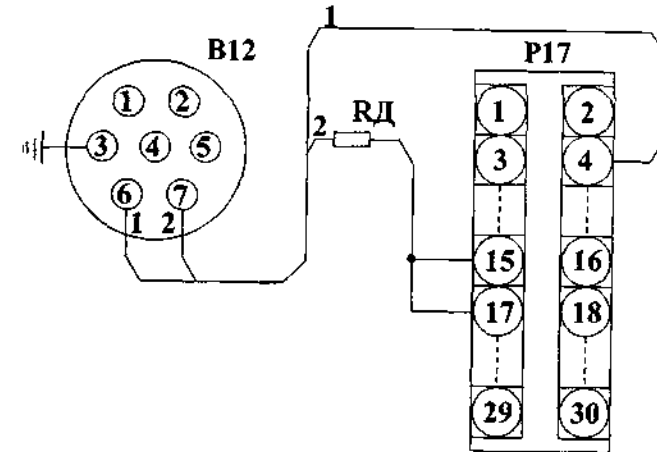


Рис. 2.29 Схема підключення блоку показчиків В12 до блоку Р17 будь-якої модифікації: $R_{д} = (5Д - 31,25)$ – додатковий опір резистора, кОм; Д – потрібний діапазон дії показчика від 0 до одного з крайніх положень у відсотках від номінального діапазону сигналу відхилення (10 В).

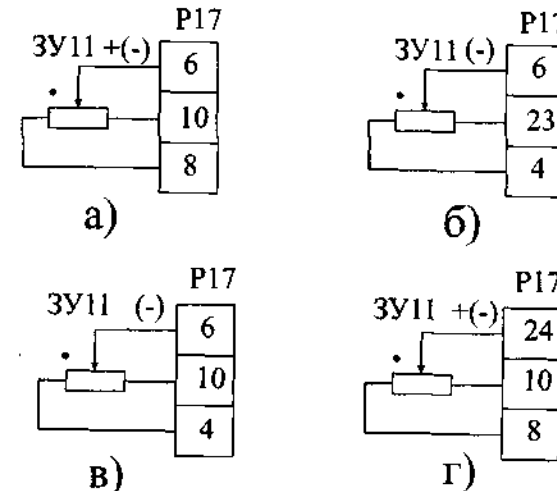


Рис. 2.30 Схеми підключень зовнішнього задавача ЗУ11 до блоку Р17.1 з різними діапазонами зміни сигналу завдання: а – 100% (нуль посередині); б – 10%; в – 60%; г – (0 – 100)%.

Настроювання виходу У2 на потрібний діапазон зміни вихідного сигналу здійснюється за допомогою перемичок на клемній колодці. Якщо клеми 5, 11 і 13 залишаються вільними, – діапазон У2 складає 0 – 5 мА. Для реалізації діапазону У2 = 0 – 20 мА встановлюється перемичка поміж клемами 5 і 29, а для діапазону У2 = 4 – 20 мА – перемичка поміж клемами 11 і 21 та 13 і 29. Припустиме одночасне використання виходів У1 і У2.

Здійснення ручного керування може бути виконано за трьома варіантами (див. рис.2.31.).

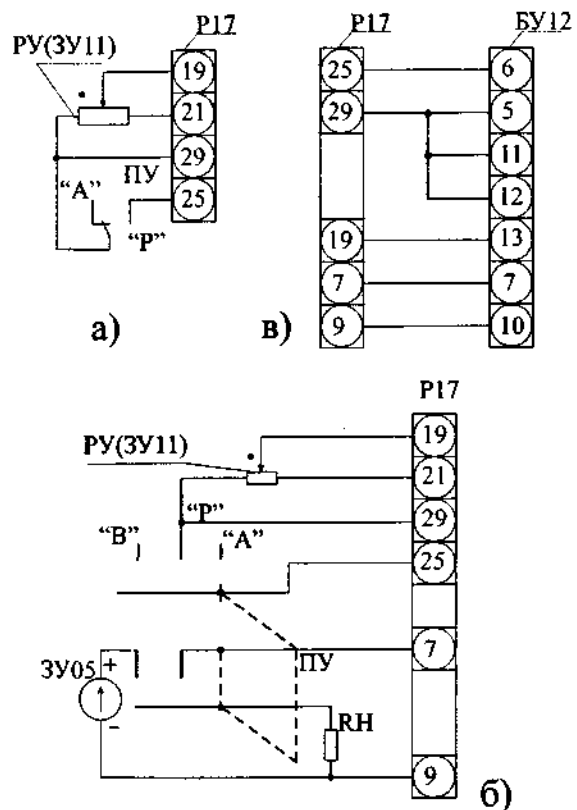


Рис. 2.31. Схеми ручного керування навантаженням (Rн) блоку P17 будь-якої модифікації: а – з внутрішнім джерелом; б – з внутрішнім ("Р") і зовнішнім ("В") джерелами по вибору; в – з блоком керування БУ12.

У першому варіанті (рис.2.31.а) навантаження підключається безпосередньо до виходу У1 чи У2 блоку і використовується будь-який діапазон зміни вихідного сигналу. Перемикання режимів роботи („А” чи „Р”) здійснюється однополюсним перемикачем ПУ, а ручне керування навантаженням виконується потенціометром РУ з опором 2,2 кОм, у якості якого може бути використаний задавач ЗУ11, підключений до блоку Р17. В режимі „Р” сигнал навантаження надходить від внутрішнього джерела блоку. З відключенням живлення блоку ручне керування неможливе.

У другому варіанті (рис.2.31 б) передбачено три режими роботи – „А”, „Р”, і „В” (зовнішнє). Перемикання режимів здійснюється також перемикачем ПУ, але на три положення. Навантаження у режимах „А” і „Р” підключається до виходу У2 блоку і використовується тільки один діапазон вихідного сигналу 0 – 5 мА. В режимі „Р” керування навантаженням виконується потенціометром РУ з опором 2,2 кОм (ЗУ11) з використанням внутрішнього джерела блоку. При необхідності відключення блоку - ПУ переводиться у положення „В”, що призводить до відключення блоку від навантаження і підключення його до зовнішнього регульованого джерела струму 0 – 5 мА, у якості якого може бути використаний задавач ЗУ05. Для безпечності перемикання з режиму „В” у режим „Р” орган РУ необхідно поставити у положення, що відповідає положенню органу керування зовнішнього джерела струму (ЗУ05).

В останньому варіанті (рис. 2.31 в) перемикання режимів роботи „А” – „Р” і ручне керування здійснюється за допомогою блоку БУ12. При цьому використовується тільки один діапазон вихідного сигналу (0 – 5 мА). Для використання виходу з діапазоном 0 – 20 мА чи 4 – 20 мА з підсумковим опором навантаження понад 0,8 кОм живлення блоку Р17.1 слід здійснювати через стабілізатор напруги, який забезпечує відхилення напруги живлення не більше, ніж на $\pm 5\%$ від номінального.

У блоці Р17.2 (див.рис.2.27) передбачена можливість одночасного підключення двох термоперетворювачів опору ТС1 і ТС2 чи одного з них по чотирьох провідній схемі, або одного датчика ТС по трьох провідній схемі (див. рис. 2.32). В усіх варіантах включення перетворювачі ТС живляться постійним струмом 20 мА, що надходить з клем 29 і 30 блоку Р17.2. У разі застосування двох термоперетворювачів ТС вони вмикаються у коло живлення послідовно один з одним. Напруга сигналу, що знімається з ТС1 у чотирьох провідній чи трьох провідній схемі, подається на вхід Х1 (клеми 14, 16). Напруга сигналу з ТС2 у чотирьох провідній схемі надходить на вхід Х21 (клеми 24, 26), і по ньому є можливість масштабування з коефіцієнтом $\alpha 2$. Підсумковий опір термоперетворювачів ТС1, ТС2 і з'єднувальної лінії між клемами 29-30 блоку має бути не більше 0,2 кОм, а з'єднувальної лінії – не більше 20 Ом.

Зміна полярності сигналів з термоперетворювачів здійснюється шляхом зміни порядку підключення (на рис. 2.27 показано пунктиром).

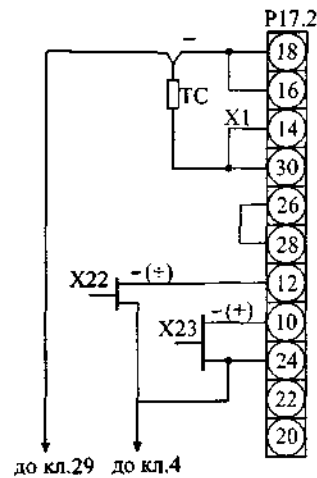


Рис. 2.32. З'єднання для входів X1 і X21 при підключенні термоперетворювачів опору ТС по трьох провідній схемі.

При цьому невикористані входи по струму залишаються вільними. За відсутності датчиків ТС клемма 30 вільна.

Потенціометричний задавач ЗУ11 до блоку P17.2 також може підключатись за чотирма варіантами. Варіант з фіксованим діапазоном зміни сигналу завдання 10% ідентичний, як і для блоку P17.1 (рис.2.30б). Інші варіанти підключення наведені на рис.2.33. При цьому варіант з діапазоном зміни сигналу завдання $(\alpha \times 100\%)$ реалізується тільки за відсутності термоперетворювача ТС2 (рис.2.33б). У варіанті встановлення діапазону зміни сигналу завдання за допомогою додаткового резистора (див.рис.2.33в) значення його опору R_d визначається за формулою:

$$R_d = (220 - 2,2D) / D, \quad (2.34)$$

де D – потрібний діапазон зміни сигналу завдання, %.

У блоці P17.3 (рис.2.28) термоелектричні перетворювачі ПТ підключаються до клем за допомогою компенсаційної коробки холодних спаїв КХС – МК

Варіанти з'єднання коробки КХС – МК з блоком P17.3 у залежності від НСХ термоелектричного перетворювача наведені на рис.2.34.

Одночасно з сигналом X21 від ТС2 чи замість нього можуть бути підключені сигнали постійного струму 0-5mA – до входу X22 (клемми 12, 24) і 0-10В-до входу X23 (клемми 10, 24). При цьому необхідно встановлювати перемичку між клемми 26 і 28. У разі подачі сигналів X22, X23, за відсутності термоперетворювача ТС2 необхідно клемми 24 і 4 з'єднати перемичкою. Невикористані входи по напрузі, крім X23, повинні бути закорочені, а невикористаний вхід X23 має бути закороченим тільки при використанні входу X22. При

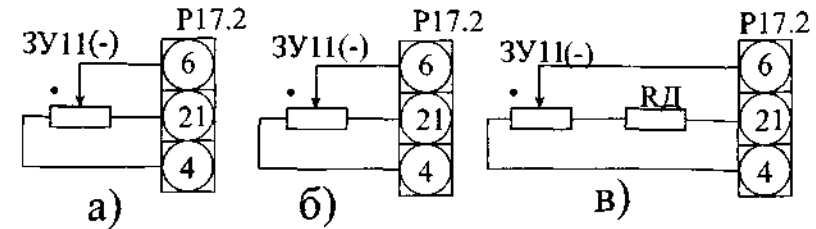


Рис.2.33. Схеми підключення зовнішнього потенціометричного задавача ЗУ11 до блоку P17.2 з різними діапазоном зміни сигналу завдання : а- 100%; б – (0 – 100%); в – $(2,2 \times 100) / (2,2 + R_d)$, %.

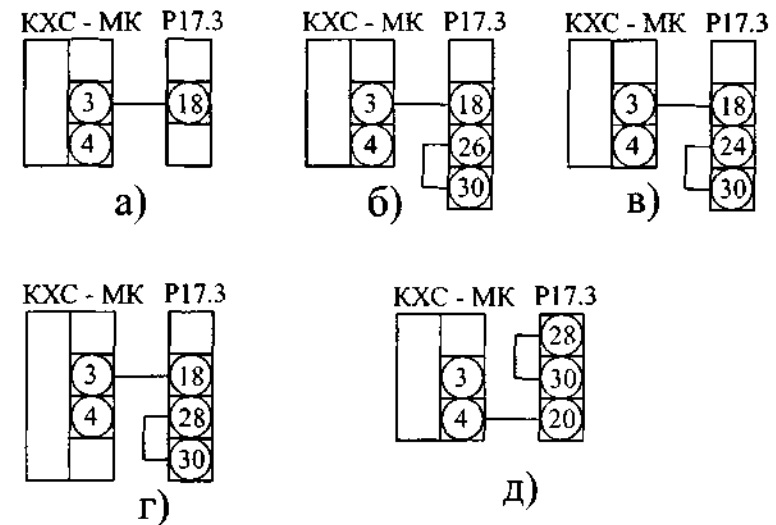


Рис. 2.34. Схеми підключення коробки КХС-МК до блоку P17.3 у залежності від НСХ термопар: а – ХК(L); б – ХА(K); в – ВР(A); г – ПП(S); д – ПР(B).

З'єднання коробки КХС – МК з блоком P17.3 здійснюється мідним проводом. Припускається замість сигналу ПТ на вхід X1 подавати сигнал того ж діапазону від іншого джерела постійного струму. При цьому КХС – МК не використовується, а клемми 16 і 20 (див. рис. 2.28) з'єднуються перемичкою. Якщо вхід X1 вільний, то клемми 14, 16 і 20 також з'єднуються перемичкою. Коробка холодних спаїв входить у комплект поставки блоку P17.3. Варіанти підключення задавального пристрою ЗУ11 аналогічні блоку P17.2.

Регульовальні блоки з імпульсним вихідним сигналом забезпечують: увід завдання; формування і підсилення сигналу відхилення регульованої величини від заданого значення; формування імпульсного виходу по П, ПІ чи ПІД - законам регулювання, а також трипозиційне і двопозиційне регулювання; індикація вихідного сигналу; уввод заборони на керування навантаженням; алгебраїчне підсумовування (в Р27 з гальванічним розділенням) і маштабування до чотирьох вхідних сигналів. Блок Р27.1 має можливість підключення до трьох диференційно-трансформаторних перетворювачів з вхідним сигналом взаємодуктивності і сигналів постійного струму, а блок Р27.3 – до семи (одночасно) вхідних сигналів.

Два вихідних сигнали усіх блоків однакові. Перший вихід – це імпульси двохполуперіодної напруги постійного струму ($Z1 = \pm 24 \text{ В}$) від внутрішнього джерела блоку чи зміна стану одного з двох вихідних ключів, розрахованих на постійну напругу до 45В з амплітудою струму до 0,25 А; а другий вихід – це імпульси напруги постійного струму ($Z2 = \pm 10 \text{ В}$). По виходу Z1 індуктивна складова опору навантаження не обмежена, а активна складова опору навантаження має бути до 0,1 кОм. По виходу Z2, який використовується для динамічного зв'язку між регуляторами, активне навантаження повинно бути понад 10 кОм.

Органи настроювання у блоках для зони нечутливості Δ , коефіцієнту передачі K_p і постійної демпфірування T_d , можуть змінюватись відповідно у діапазонах 0,2 – 2%, 0,3 – 10 с/(%) і 0 – 10 с. Діапазони настроювання постійних часу інтегрування T_i і диференціювання T_d визначаються двома виконаннями блоків. Для виконання 1 і 2 блоків ці діапазони можливої зміни відповідно наступні: $T_i = 20 \div 2000 \text{ с}$, $T_d = 0 \div 400 \text{ с}$; $T_i = 5 \div 500 \text{ с}$, $T_d = 0 \div 100 \text{ с}$. Групи виконань імпульсних приладів А і Б мають такі ж самі показники припустимого відхилення органів настроювання, як і блоки Р17.

Формування вихідного сигналу блоків разом з інтегруючим виконавчим механізмом взагалі здійснюється за рівнянням:

$$X_{\text{вих}}(P) = \frac{K_p \cdot 100}{T_m \cdot (1 + T_d \cdot P)} \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot P} + \frac{T_d \cdot P}{1 + T_d \cdot P}\right) \cdot X_{\text{вх}}(P) \quad (2.35)$$

Підключення зовнішніх пристроїв до блоку Р27 здійснюється у відповідності зі схемою, представленою на рис. 2.35, а позначення вхідних сигналів згідно схеми наведено у табл. 2.4.

Полярність вхідних сигналів (див рис. 2.35) і вихідного сигналу Z2, що вказана поза скобок, відповідає напрямку дії блоку у бік „менше”, а полярність, що вказана у скобках – у бік „більше”. Невикористані входи по напрузі необхідно закорочувати перемичками, а по струму – залишати

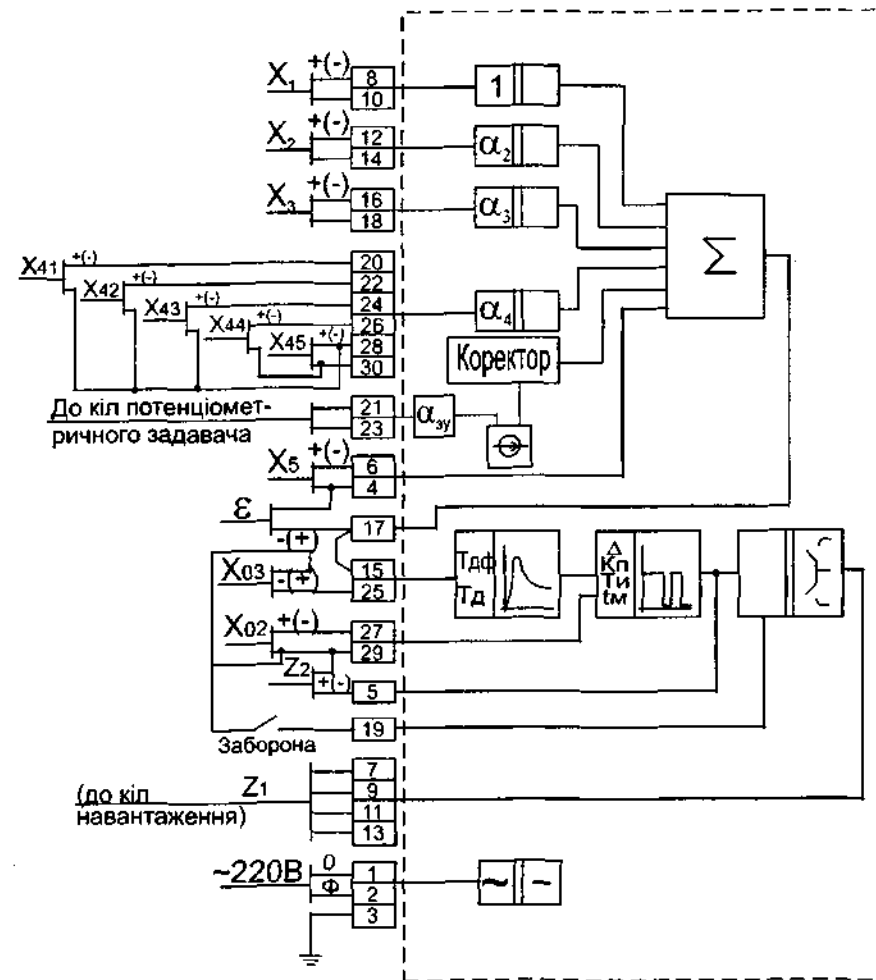


Рис.2.35. Схема зовнішніх з'єднань регульовального блоку Р27: X02, X03 – вхідні сигнали постійного струму 0 – 10 В, для динамічних впливів.

вільними. Підключення вимірювального блоку В12 до Р27 для індикації сигналу розузгодження ϵ здійснюється аналогічно блокам Р17 (див. рис. 2.29). Уразі необхідності струмові входи шунтуються захисним пристроєм В01.

Таблиця 2.4. Номінальні діапазони зміни вхідних сигналів і коефіцієнти масштабування по кожному з входів регульовального блоку Р27.

Вхідний сигнал постійного струму		Коефіцієнт масштабування		Вхідний опір н/б, Ом
Номінальний діапазон зміни	Позначення	Позначення	Діапазон зміни	
0-5 мА	X1	-	1	100
	X2	$\alpha 2$	0-1	100
	X3	$\alpha 3$		450
	X41	$\alpha 4$		150
X42	150			
4-20 мА	X42	-	I	Понад 10000
0-20 мА	X43			
0-10 В	X44			
(-1)-0-1В	X45			
0-10 В	X5	-	I	

Варіанти підключення зовнішнього задавального пристрою ЗУ11, з фіксованим діапазоном зміни шкали, завдання 100% від номінального діапазону зміни вхідного сигналу ідентичний, наведеному на рис.2.33а.

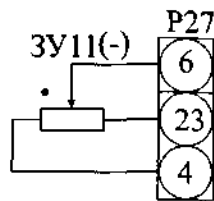


Рис. 2.36. Схема підключення зовнішнього датчика ЗУ11 до блоку Р27 з діапазоном сигналу 0 – 100% ($\alpha_{зу} \times 100\%$).

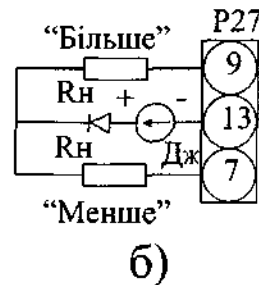
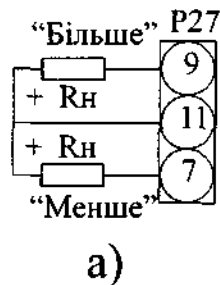


Рис.2.37.Схема підключення навантаження R_n до виходу Z1 блоку Р27: Дж- зовнішнє джерело живлення.

Інший варіант передбачає зміну діапазону сигналу завдання за допомогою органу $\alpha_{зу}$ (рис.2.35) блоку, схема з'єднання для якого наведена на рис.2.36.

Зовнішнє навантаження до виходу Z1 блоків Р27 може бути підключеним за двома варіантами: з живленням від внутрішнього джерела блоку (рис.2.37а) та живленням від зовнішнього джерела блоку (рис.2.37б). При цьому припускається одночасне використання виходів Z1 і Z2.

Перемикання вихідних кіл регульовального блоку з режиму "А" на "Р" та навпаки здійснюється за допомогою виносного блоку керування БУ21, який підключається до виходу Z1 регулятора.

Регульовальний блок з імпульсним вихідним сигналом Р28 забезпечує: алгебраїчне підсумовування чотирьох вхідних сигналів з гальванічним розділенням і масштабуванням до трьох вхідних сигналів; уведення завдання; формування і підсилення сигналу відхилення регульованої величини від заданого значення; формування імпульсного виходу по П, ПІ чи ПІД - законам регулювання, а також три – і двопозиційне регулювання; аналогове і дискретне триступеневе автопідстроювання швидкості зв'язку і постійної часу інтегрування; індикація вихідного сигналу; увід заборони на керування навантаженням. Діапазон аналогового автопідстроювання швидкості зв'язку складає 1 – 10 (%)/с, а час інтегрування розподілений на чотири піддіапазони і у залежності від виконання (1 чи 2) має такі межі: 1 – 20 ÷ 200, 50 – 500, 100 – 1000, 20 – 2000с; 2 – 5 ÷ 50, 10 – 100, 20 – 200, 50 – 500с.

Блок підсумовування і обмеження сигналів забезпечує: алгебраїчне підсумовування і масштабування чотирьох вхідних сигналів з гальванічним розділенням; пропорційне перетворення вхідних сигналів напруги у вихідний неперервний сигнал постійного струму; регульоване обмеження вихідного сигналу по мінімуму (0 ÷ 100%) і максимуму (100 ÷ 0%).

Блок обмеження і розмноження сигналів дозволяє здійснювати: пропорційне перетворення вхідних сигналів постійного струму у три вихідних сигнали постійного струму, гальванічно ізольованих один від одного і від вхідних сигналів (розмноження сигналів); алгебраїчне підсумовування до трьох вхідних сигналів з масштабуванням до двох з них; пропорційне перетворення сигналу напруги постійного струму у струмові сигнали; регулювання обмеження вихідного сигналу по мінімуму і максимуму. Діапазон зміни коефіцієнта пропорційності складає 0,2 ÷ 5.

Блок обчислювальних операцій має такі функціональні можливості: виконання по кожному з двох незалежних каналів по вибору однієї з обчислювальних операцій - множення, ділення, витягання квадратного кореня, піднесення у квадрат; алгебраїчне підсумовування вхідних сигналів; гальванічне розділення одного із входів для операцій множення і ділення по кожному каналу.

Блок аналогово-релейного перетворення призначений для виконання наступних функцій: порівнювання аналогових вхідних сигналів постійного струму по кожному з двох незалежних каналів і зміни за умов їх рівності стану дискретних вихідних сигналів; демпфірування вхідних сигналів і увід сигналу завдання при виконанні аналогово-релейного перетворення; алгебраїчне підсумовування і масштабування до трьох вхідних сигналів.

Блок Л03 додатково здійснює гальванічне розділення і виділення найбільшого (найменшого) з трьох аналогових вхідних сигналів постійного струму.

Комутаційна здатність вихідних контактів реле на перемикання і безконтактного ключа відповідно наступна: 0,05 – 36 В і 0,25 А постійного чи змінного струму (50 – 1100 Гц); 30 В і 0,15 А постійного струму. Дискретний вихід (0; 24 В) постійного пульсуючого струму призначений для підключення на активно-індуктивне навантаження з опором до 0,15 кОм.

Блок динамічних перетворювань дозволяє здійснювати: перетворення по кожному з двох незалежних каналів сигналів постійного струму по вибору у відповідності з одним із законів диференціювання, інтегрування, аперіодичним, пропорційним; демпфірування вхідних сигналів при виконанні операції диференціювання. Додатково блок Д05 має можливість алгебраїчного підсумовування з гальванічним розділенням і масштабуванням до трьох сигналів постійного струму. Діапазони зміни органів настроювання складають: 0,1 – 10 – коефіцієнт пропорційності; 0,5 – 500 с – постійна часу перетворення.

Блок динамічних перетворювань з автопідстроюванням на відміну від блоку Д05 додатково дозволяє забезпечувати аналогове і дискретне трьохступінчасте автопідстроювання коефіцієнту пропорційності і постійних часу дискретними сигналами постійної напруги; а гальванічне розділення вхідних сигналів здійснюється по двом незалежним каналам. Діапазон аналогового підстроювання коефіцієнта пропорційності лежить у межах 0,1 – 1, а постійної часу у межах 5 – 1000 с. Останній має п'ять піддіапазонів.

Блок інтегрування забезпечує: інтегрування аналогового чи імпульсного вхідного сигналу; дозвіл інтегрування аналогового сигналу у прямому чи зворотному напрямку; швидка примусова зміна вихідного сигналу до верхнього чи нижнього граничного значення (перегін „швидко”) з встановленням початкової умови (перегін „повільно”); зберігання інформації при перервах у колах живлення; гальванічне розділення вхідних і вихідних сигналів при виконанні інтегрування; перетворювання вхідного сигналу по вибору у відповідності з одним із законів регулювання (аперіодичний, диференціювання). Діапазон зміни постійної часу інтегрування складає 2 – 20000 с, а зони нечутливості 0 – 2%. Час зміни вихідного сиг-

налу від одного межового значення до іншого при початковій умові (перегін „повільно”) становить 40 с. Комутаційна спроможність вихідного ключа на перемикання: активне коло постійного чи змінного струму частотою 50 – 1100 Гц напругою 36 В і струмом 0,25 А; активне індуктивне коло постійного струму величиною 0,15 А та напругою 6 – 36 В.

Блок нелінійних перетворювань призначений для здійснення: кусково-лінійної апроксимації довільної нелінійної функції однієї змінної на шести дільницях; кусково-лінійної апроксимації нелінійної функції на двох дільницях кожної з трьох змінних та їх підсумовування; селектування сигналів з трьох аналогових вхідних; гальванічне розділення аналогових вхідних сигналів по кожному з двох незалежних каналів; алгебраїчне підсумовування з масштабуванням до трьох аналогових вхідних сигналів.

Діапазон плавного встановлення коефіцієнтів передачі складає від (-10) до 10, початкового значення вихідного сигналу – від (-100) до 100%, а зміни протяжності дільниці апроксимації, що формується кожним нелінійним елементом – від 0 до 100%.

2.3. ЕЛЕКТРИЧНА УНІФІКОВАНА СИСТЕМА ПРИЛАДІВ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ “АКЕЗР”

Ця система приладів, як і КТЗ КАСКАД, включає групи приладів першої (АКЕЗР 1) та другої (АКЕЗР 2) черги і побудована на мікроелектронній базі. У функціональних блоках АКЕЗР першої черги не передбачене гальванічне розділення. Тому для забезпечення цієї функції і надійності при побудові АСР інформаційні сигнали до її центральної частини вводяться через блоки кондуктивного розділення. Завдяки широкому використанню інтегральних мікросхем, як загального, так і спеціального призначення забезпечується висока ступінь інтеграції, що дозволяє зменшити габаритні розміри блоків і підвищити ймовірність безвідмовної роботи до 0,98 за 2000 годин. Системи керування, що виконані на блоках АКЕЗР, можуть функціонувати та взаємодіяти з різноманітними системами, побудованими на базі інших агрегатних комплексів.

Виготовник агрегатного комплексу АКЕЗР першої черги – ВО “Геофізприлад” (м. Івано – Франківськ), другої черги – ВО “Електроприбор” (м. Чебоксари).

Комплекс технічних засобів АКЕЗР першої черги у порівнянні з іншими має два конструктивних виконання: приладне (з індексом П) і шафове (з індексом Ш). У приладному виконанні кожний блок містить автономне джерело живлення і поміщений в індивідуальний кожух, розрахований на щитовий утеплений монтаж. У шафовому виконанні блоки мають вигляд вставного субблоку, призначеного для установки в блочні вставні каркаси, які потім монтуються в шафах. Габаритні розміри блоків

приладного і шафового виконань відповідно складають (мм): 80×160×537 і 60×160×170. Живлення шафових субблоків здійснюється від групового джерела живлення типу БПГ, зробленого у цьому ж конструктиві. Шафовий варіант пристроїв забезпечує хорошу сумісність з іншими комплексами і мікропроцесорними контролерами. При дистанційній передачі інформації пристрої розраховані на сприйняття і формування сигналів зв'язку постійного струму 0 – 5, 4 – 20мА, а також позиційних, логічних сигналів та напруги постійного струму 0 – 10В і (-10)÷0 +10В. Останній найчастіше використовується у межах центральної частини АСР для зв'язку поміж блоками.

Параметри живильної напруги блоків уніфіковані в межах кожної конструктивної групи. Це в основному змінна напруга 24 і 220В та постійна напруга (±)24В. Номери клем колодок зовнішніх з'єднань блоків приладного виконання до яких підключають живильну напругу, наведені у табл.2.5.

Таблиця 2.5. Номери клем колодок зовнішніх з'єднань підключення живильної напруги.

Позначення клеми	Номери клеми	
	блок приладного виконання	блок оперативного керування
220В(50Гц)	1,2	-
24В(50Гц)	-	1,21
загальний	4	-
корпус	3	22
напруга опорна (внутрішнє джерело)		
+Uоп	29*	-
- Uоп	27*	-
Примітка: * клеми для підімкнення зовнішнього навантаження.		

Відповідно до функціонального призначення блоки можна розподілити на п'ять груп, номенклатура і технічні характеристики яких наведені у табл.2.6.

Органи керування і сигналізації розміщені на лицьових панелях блоків, а органи неоперативного настроювання (перемички для вибору пара-

метрів функціонування блоку) – на бокових стінках корпусу. Блоки оперативного керування відрізняються зменшеними розмірами лицьових панелей, на яких встановлені керуючі елементи. Підключення модулів до загальної плати блоків здійснюється за допомогою з'єднувачів.

Межі зміни сигналів, припустимий опір навантаження і вхідний опір блоків наведені у табл.2.7.

Таблиця 2.6. Технічні характеристики блоків комплексу АКЕЗР

Тип блоку	Вхідні сигнали		Вихідні сигнали		Споживча потужність	Маса, кг
	позначення	діапазон	позначення	діапазон		
1	2	3	4	5	6	7
РБА-П (Ш)	X11, X21	0 – 5, 0 – 20, 4 – 20мА	Yi	0 – 5; 0(4)-20мА	15 В×А (9 Вт)	6 (1,5)
	X12, X22, X13, X23, X24,...Xк, Xт	0 – 10В	Yu, Y1, Y2, YΣ	0-10В (-10) +10В		
РБИ – ІМП (Ш); РБИ – 2МП (Ш); РБИ – 3МП (Ш)	X11, X21	0 – 5, 0-20, 4 – 20мА, 0-10В	Y1, Y2, Y3	(-10) 10В	15 В×А (7Вт;3,5В×А)	6 (1,6)
	X12, X22, X31, X23, Xα1, Xα2, Xα3*, Xν*, Xт*	0 – 10В	Q1, Qcp, Q2,	----		
БКР – ІП (Ш)	X11	0-5, 0-20, 4-20 мА, 0-10В	Y1, Y12	0 – 10В, 0-5, 0 – 20, 4-20мА	18 В×А (7Вт)	6 (2,5)
	X22, X21, X23, X31	(-10) +10В	Y21, Y31	(-10) +10В		
БКР – 2П (Ш)	X11, X21	0 – 5, 0-20, 4-20мА, 0-10В	Y11, Y22	0 – 10В	17 В×А (9Вт)	6,5 (3,0)
	X12, X22	(-10) +10В	Y12, Y21	(-10) +10В		

1	2	3	4	5	6	7
БКР – 3П (Ш)	X11	0 – 5, 0-20, 4–20мА, 0-10В	Y11	0 – 10В	18 В×А 9Вт	6 (2,5)
			Y12	(-10) +10В		
	X12, X21, X22, X31, X32	(-10) +10В	Q21, Q22, Q31, Q32	---		
БВО – П(Ш)	X1, X21, X22, X23, X31, X32, X41, X42	(-10) +10В	Y1, Y2, Y3, Y4	(-10) +10В	15 В×А 8Вт	6 (2,5)
	X41 ^{**} , X42 ^{**}	0 – 10В	Y4 ^{**}	0 – 10В		
БСЛ – П(Ш)	X11, X12, X13	(-10) +10В	Y1, Y2	0 – 10В	14В×А (8Вт)	6 (2,5)
	X21, X22, X23, X31, X32, X33,		Y3, Y4	(-10) +10В		
	X41, X42, X43, X44		Q1, Q2, Q3, Q4	---		
БСЛ-04	X1, X2, X3, X4	0-5мА	Y	0-5мА	25 ВА	6,5
			Q1, Q2, Q3, Q4	---		
БНП – П(Ш)	X1	0 – 10В	Y1, Y2	(-10) +10В	16В×А (5Вт)	6 (2,5)
	X21, X22	(-10) +10В				
БНП- 04	X	0-5, 0-20мА 0-10В	Y1	0-5, 0-20мА	17,5В×А	5,5
			Y2, Y3	0 – 10В		
БСГ – П(Ш)	X11, X12, X13, X21, X22, X23	(-10) +10В	Y1, Y2	(-10) +10В	20В×А (7Вт)	5,5 (1,3)
			Q12, Q13, Q22, Q23	---		

1	2	3	4	5	6	7
БДП – П(Ш)	X3, X11, X12, X13	(-10) +10В	Y21	0 – 10В	25 ВА (15Вт)	5,7 (2,5)
			Y1	(-10) +10В		
	X2, Xв, Xн	0-10В	Qв, Qн	---		
БПИ – П(Ш)	X1	(-10) +10В	Y21	0 – 10В	30 ВА (15Вт)	5,7 (2,5)
	X2, Xв, Xн	0-10В	Y22	0 – 5, 0-20, 4–20мА 0-10В		
	Uб, Uм	0 i 24В	Qв, Qн	---		
РЗД	X1	10В	Yi	0 – 5, 0 – 20 4–20мА	5,5 ВА	0,5
			Yu	0 – 10В		
РЗД - К	X1	10В	Yi	0 – 5, 0 – 20 4–20мА	6 ВА	0,75
			Yu	0 – 10В		
			Q1, Q2, Q3, Q4			
БРУ-1К					1 ВА	0,6
БРУ-2К						
БРУ-3К						
БРУ-У	Xu	0-10 В	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5		1 ВА	0,8
	Xi	0 – 5мА				

Примітка: *тільки для виконання РБИ-3МП(Ш), а для РБИ-2МП(Ш) цим входам відповідають дискретні сигнали P2 і P3; ** вхідні і вихідні сигнали для реалізації операцій ділення і витягання квадратного кореня; комутаційна здатність дискретних сигналів Q відповідає параметрам наведеним у табл.2.7; позначення входів і виходів відповідають позначенням наведеним на рис.2.38 - 2.49

Блок регулювальний аналоговий типу РБА – МП (Ш) призначений для формування у складі АСР П, ПД, ПІ і ПІД – законів регулювання. При цьому забезпечується плавне перемикання режиму керування з автоматичного на ручне (дистанційне) і навпаки, введення обмеження вихідного сигналу (Yu, Yi), кола яких гальванічно розділені від решти кіл. За-

гальний алгоритм динамічного перетворення вхідного сигналу (розузгодження) відбувається за таким рівнянням:

$$X_{\text{вих}}(P) = K_{\text{п}} \cdot \left[\frac{1}{T_{\text{дф}} \cdot P + 1} + \frac{1}{T_{\text{и}} \cdot P} + \frac{T_{\text{д}} \cdot P}{T_{\text{дф}} \cdot P + 1} \right] \cdot X_{\text{вх}}(P) \quad (2.36)$$

де $K = 0,3 \div 50$; $T_{\text{и}} = 5 - 500$ чи $20 - 2000$ с; $T_{\text{д}} = 0 - 100$ чи $0 - 400$ с; $T_{\text{дф}} = 0 - 10$ чи $0 - 20$ с.

Як у блоці РБА, так і в інших блоках АКЕЗР, передбачена зміна параметрів функціонування шляхом перемикання переминок, розташованих на спеціальних контактних колодках. Для блоку РБА конкретні положення переминок на цих колодках залежно від параметрів функціонування блоку вказані в табл. 2.8.

Схема зовнішніх з'єднань блоку РБА – МП при застосуванні його у складі системного модуля “Аналоговий регулювальний пристрій” наведена на рис. 2.38. Згідно схеми регулятор формує сигнал розузгодження, який потім надходить на його функціональний пристрій, де може бути сформований ПД закон регулювання. При цьому режим дистанційного керування здійснюється через вихідний інтегратор регулятора.

Табл. 2.7. Параметри аналогових та дискретних (логічних) вхідних і вихідних сигналів блоків.

Межі зміни аналогових сигналів (X, Y)	Припустимий опір навантаження, кОм	Вхідний опір блоків, кОм	Логічні сигнали (P, Q)
0 – 5 мА 0 – 20 мА 4 – 20 мА 0 – 10 В -10+0+10 В	н/б 2,5 н/б 1 н/б 1 понад 2 понад 2	н/б 0,5 н/б 0,1 н/б 0,1 понад 10 понад 10	Контактний і безконтактний ключ з комутаційною здатністю: 36 В, 0,25А чи 127 В, 0,06А; струм крізь контакти понад 5мА
Примітка: X, Y - відповідно позначення вхідних і вихідних аналогових сигналів; P, Q - відповідно позначення дискретних вхідних і вихідних сигналів;			

Переведення блоку у режим ручного або автоматичного керування (див. рис. 2.38) здійснюється дистанційно вхідним логічним сигналом P_A (замикання або розмикання зовнішнього контакту загальної операційної

шини). При цьому ручне керування (P_A = 1) здійснюється керуючими логічними сигналами P_B чи P_M, які викликають зміну вихідного сигналу блоку зі сталою швидкістю. Увід обмеження відбувається за рахунок подачі на клеми X_n і X_v опорної напруги U_{оп} = 10В.

Таблиця 2.8. Характеристика параметрів функціонування блоку РБА.

Характеристика	Позначення колодок	Положення переминок
1	2	3
Вхідний сигнал X11: 0 ... 5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА	X1 X1 X1	2-5, 3-6 3-6, 5-6 1-2, 9-6
Вхідний сигнал X21: 0 ... 5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА	X1 X1 X1	4-5, 7-8 5-8, 7-8 1-4, 8-9
Вхідний сигнал YJ (Y _u = 0-10В): 0 ... 5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА	X2 X2 X2	5-6, 8-9 5-6, 7-8 5-6, 7-8
Вихідний сигнал YJ (Y _u = 10-0В): 5 ... 0мА, 20 ... 0мА, 20 ... 4мА	X2 X2 X2	4-5, 8-9 4-5, 7-8 4-5, 7-8
Вихідний сигнал Y _u : 0 – 10В, 10 – 0В	X2 X2	5-6, 8-9 4-5, 8-9
Функціональна залежність: диференціювання сигналу, Y _Σ диференціювання сигналу Y _I	X2 X2	2-3 1-2
Примітка: при настроюванні блоків на сигнали 5-0, 20-0, 20-4мА і 10-0В додатково необхідно замкнути контакти клемної колодки зовнішніх з'єднань 18-14 для РБА – МП (див. рис. 2.38)		

Пропорційна, диференційна та інтегральна складові забезпечуються з'єднанням виходу підсумовувача Y_Σ з входом інтегратора X_t і ПД пристрою X_k.

Блок регулювальний імпульсний РБИ – МП(Ш) являє собою трипозиційний релейний підсилювач сигналу відхилення регульованої величини з інерційним від'ємним зворотним зв'язком та безконтактними ключами.

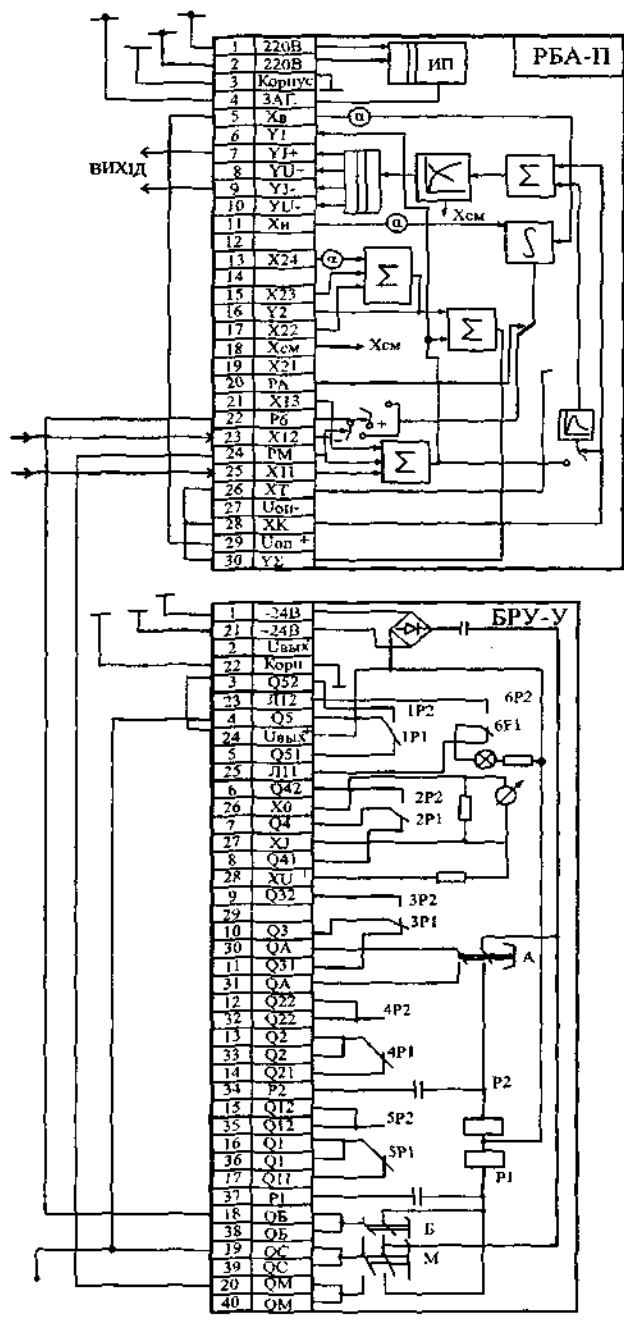


Рис.2.38. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля "Аналоговий регулювальний пристрій".

За допомогою ключів здійснюється керування виконавчим пристроєм вихідними логічними сигналами (Q). Застосовується в АСР для формування ПІ – закону регулювання разом з виконавчим механізмом сталої швидкості відповідно з алгоритмом (2.31).

Виготовляється у трьох модифікаціях. На відміну від РБИ – 1, блоки РБИ – 2 додатково забезпечують дистанційну дискретну (три ступені) зміну динамічних параметрів настроювання (швидкість зв'язку $V_{св}$ і постійна інтегрування T_i), а блоки РБИ – 3 дозволяють здійснювати дистанційне аналогове настроювання цих параметрів підімкненням на входи X_v та X_t регульованої напруги постійного струму, що впливає на параметри заряду чи розряду конденсатора зворотного зв'язку блоку. Основні незалежні органи настроювання мають можливість дискретної зміни у наступних межах: $V_{св} = 0,2 - 2,5\%/с$; $T_i = 5 - 500$ чи $20 - 2000с$; $T_d = 0 - 20с$; $t_m = 0,1 - 1с$; $\Delta = 0,2 + 2\%$ (встановлюється плавно).

Перемиканням перемичок забезпечується вибір діапазону зміни вхідних сигналів, положення яких вказано у табл. 2.9.

Схема зовнішніх з'єднань блоку РБИ – 1МП при застосуванні його у складі системного модуля "Імпульсний регулювальний пристрій" наведена на рис. 2.39, згідно якої блок РБИ формує сигнал розузгодження між сигналом завдання і сигналом поточного значення параметра, а також керуючий сигнал, джерело якого вибирається блоком БРУ – У за допомогою кнопок керування.

У разі необхідності формування П – закону регулювання вводять в регулювальний блок сигнал зворотного зв'язку (вихід X_{31}) по положенню регулювального органу виконавчого пристрою. ПІД – закон регулювання формується шляхом подачі на вхід X_{31} сигналу від зовнішнього диференціального пристрою.

Блок кондуктивного розподілу типу БКР виготовляється у трьох модифікаціях. Блок БКР – 1П виконує за незалежними один від одного каналами такі операції з вихідними сигналами: алгебраїчного підсумовування сигналів X_{21} , X_{22} , X_{23} ; динамічні перетворення (демпфірування чи диференціювання) сигналу X_{31} ; гальванічний розділ кіл вхідного X_{11} і вихідного Y_{11} (Y_{12}) сигналів. Перемиканням перемичок на спеціальних колодках вибирають діапазон зміни вихідного сигналу Y_{12} , виконуючу операцію (демпфірування чи диференціювання) з сигналом X_{31} , встановлюють по виходу Y_{31} фіксоване значення коефіцієнта підсилення $S = 0,5$, по виходу Y_{21} – необхідне значення коефіцієнта підсилення β , вибирають зв'язок щодо живлення гальванічно розподілених між собою вхідних (X_{11}) і вихідних (Y_{11} , Y_{12}) кіл блоку із зовнішніми колами.

У табл. 2.10 вказані конкретні положення перемичок залежно від потрібного функціонування блоку.

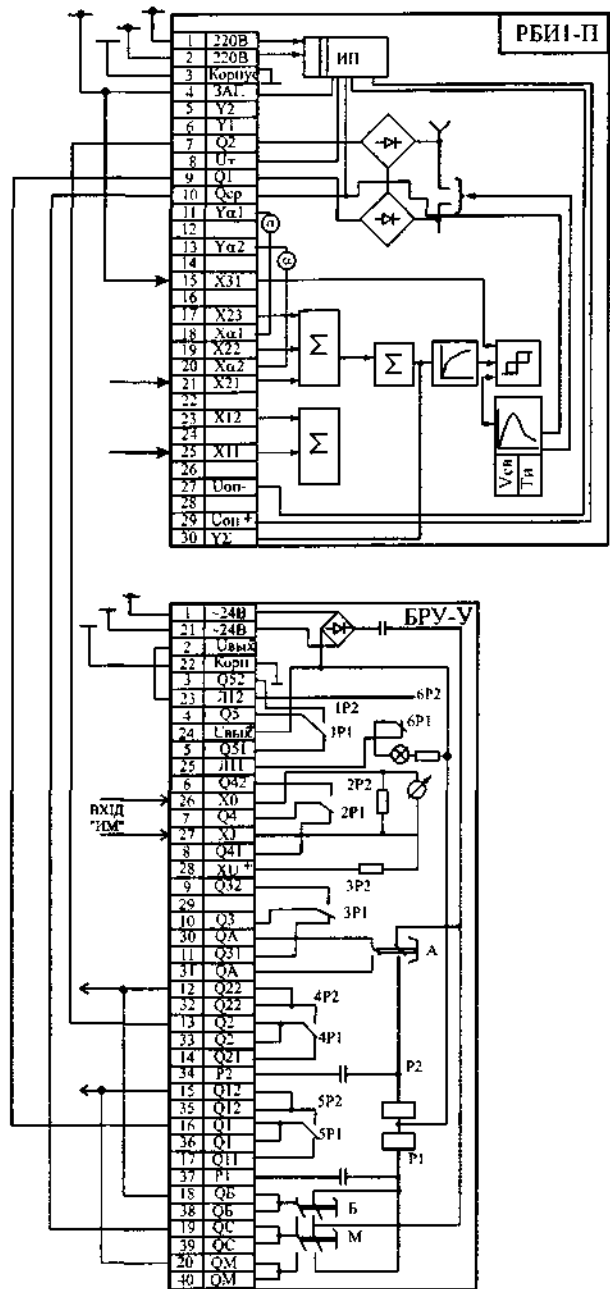


Рис. 2.39. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля "Імпульсний регулювальний пристрій".

Таблиця 2.9. Характеристики параметрів функціонування блоків РБИ.

Характеристика	Позначення колодок	Положення перемищок
1	2	3
РБИ – 1МП		
Вхідний сигнал X11: 0 ... 5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА	X1	2-3, 8-9
	X2	2-3, 5-6
	X1	2-3, 8-9
	X2	2-3, 2-5
	X1	2-3, 8-9
0 ... 10В	X2	2-5, 6-9
	X1	1-2, 8-9
Вхідний сигнал X12: 0 ... 5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА	X1	5-6, 8-9
	X2	4-7, 5-8
	X1	5-6, 8-9
	X2	4-5, 4-7
	X1	5-6, 8-9
	X2	4-5, 8-9
РБИ – 2МП, РБИ – 3МП		
Вхідний сигнал X11: 0 ... 5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА	X1	2-3, 7-8
	X2	2-3, 5-6
	X1	2-3, 7-8
	X2	2-3, 2-5
	X1	2-3, 7-8
0 ... 10В	X2	2-5, 6-9
	X1	1-2, 7-8
Вхідний сигнал X12: 0 ... 5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА	X1	5-6, 7-8
	X2	4-7, 5-8
	X1	5-6, 7-8
	X2	4-5, 4-7
	X1	5-6, 7-8
	X2	4-5, 8-9

Блок БКР – 1МП найчастіше застосовується у складі системних модулів "Задавач співвідношення" (рис.2.40) та "Параметричний програмний задавач" (рис. 2.41). В першому випадку задавач формується за допомогою блоків РЗД, БКР – 1МП і БВО – П.

Таблиця 2.10. Характеристики параметрів функціонування блоків типу БКР.

Характеристика	Позначення колодок	Положення перемичок
1	2	3
БКР – 1МП		
Вхідний сигнал X11: 0 ...5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА 0 ...10В	X1	1-4, 2-5
	X1	1-4, 4-7
	X1	1-2, 4-5
Вихідний сигнал Y12: 0 ...5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА	X3	3-6
	X3	6-9
Живлення від ізольованого джерела: кіл сигналу X11 кіл сигналів Y11, Y12	X1	5-6, 8-9
	X2	1-2,4-5,6-9,7-8
	X1	5-8, 6-9
	X2	1-4,2-5,3-6,8-9
Виконувана операція з сигналом X23: додавання віднімання	X4	1-4, 2-5
	X4	1-2, 4-5
Коефіцієнт підсилювання β щодо виходу Y21: 0,5 1 5	X5	7-8, 8-9
	X5	5-8, 8-9
	X5	5-8, 7-8
Виконувана операція щодо входу X31: демпфірування $Y_{31}(P)=X_{31}(P)/(1+T_{дф}P)$ диференціювання $Y_{31}(P)=X_{31}(P)ST_{дP}/(1+T_{дP}),$ при $C=0,5+24$	X5	1-2
	X6	4-7, 5-8, 6-9
	X5	2-3
	X6	4-5, 6-3, 7-8
БКР – 2МП		
Вхідний сигнал X11: 0 ...5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА 0 ... 10В	X1	1-4, 2-5
	X1	1-4, 4-7
	X1	1-2, 4-5

Закінчення табл. 2.10.

1	2	3
Виконувана операція з сигналом X12: демпфірування диференціювання при $C=0,5+24$	X3	2-3
	X4	4-7, 5-8,6-9
	X3	1-2
	X4	3-6,4-5, 7-8
Вхідний сигнал: 0 ...5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА 0 ... 10В	X2	1-4, 2-5
	X2	1-4, 4-7
	X2	1-2 4-5
Виконувана операція з сигналом X22: демпфірування диференціювання при $C=0,5+24$	X3	8-9
	X5	4-7, 5-8, 6-9
	X3	7-8
	X5	4-5, 3-6, 7-8
БКР – 3МП		
Вхідний сигнал X11: 0 ...5мА, 0 ... 20мА, 4 ... 20мА 0 ...10В	X1	1-4, 2-5
	X1	1-4, 4-7
	X1	1-2, 4-5
Виконувана операція щодо входу X12: демпфірування диференціювання при $C=0,5+24$	X4	8-9
	X5	4-7, 5-8, 6-9
	X4	7-8
	X5	3-6, 4-5,7-8
Виконувана операція з сигналом X21: додавання віднімання	X2	6-9
	X2	6-5
Виконувана операція з сигналом X22: додавання віднімання	X2	8-9
	X2	8-5
Виконувана операція з сигналом X31: додавання віднімання	X3	6-9
	X3	6-5
Виконувана операція з сигналом X32: додавання віднімання	X3	8-9
	X3	8-5

При цьому множення на коефіцієнт співвідношення, що встановлюється блоком РЗД, здійснюється блоком БВО – П.

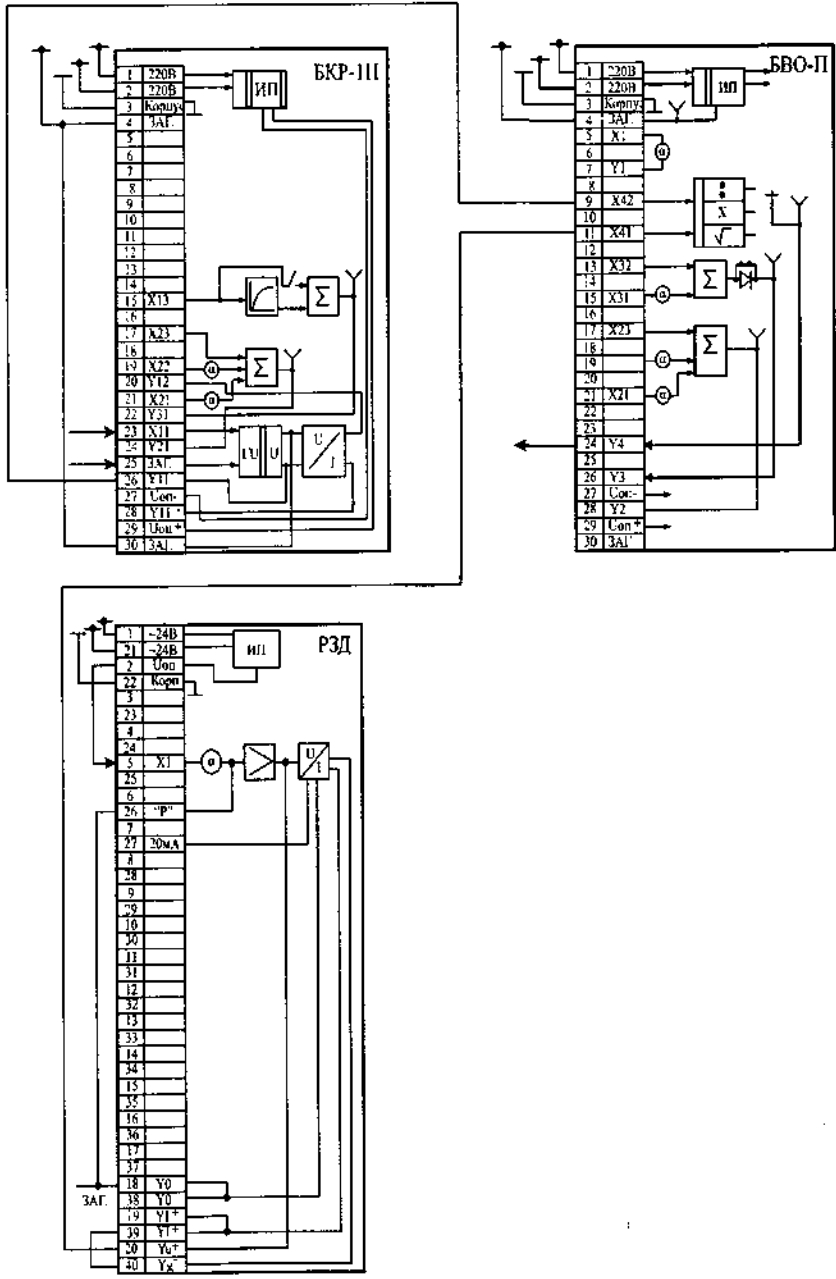


Рис.2.40. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля "Задавач співвідношення".

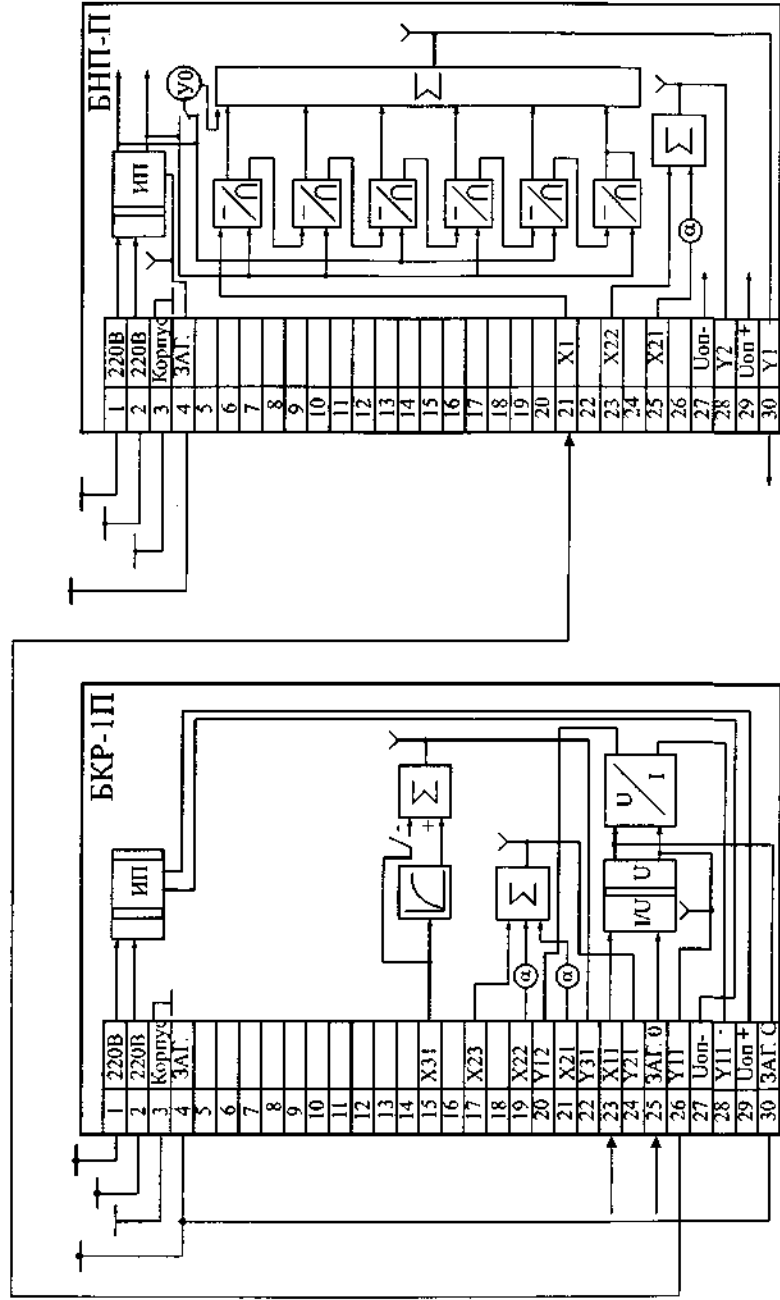


Рис.2.41. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля "Параметричний програмний задавач".

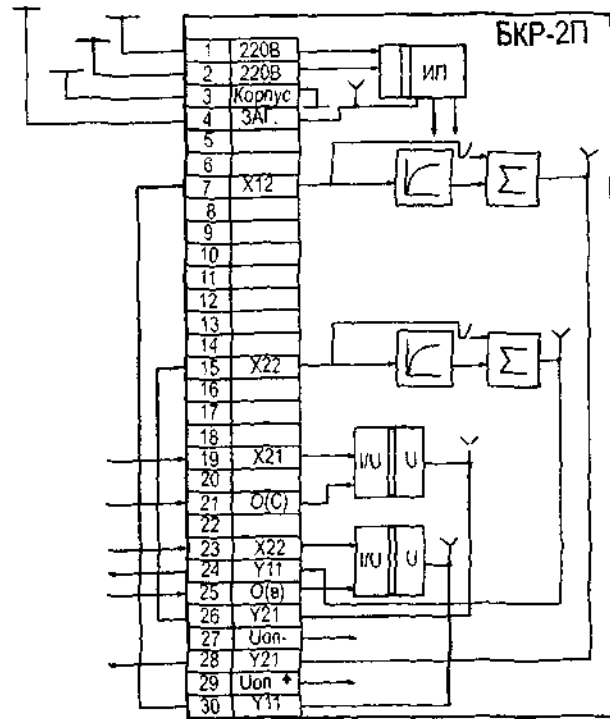


Рис. 2.42. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля "Сигнал від двох датчиків".

У другому випадку сигнал регульовального параметра попередньо проходить блок БКР – ІМП і далі надходять на блок БНП – П, де формується потрібна функціональна залежність.

Блок БКР – 2МП забезпечує гальванічний розподіл по двох незалежних каналах вхідних сигналів (X11, X12) від вихідних (Y11, Y21). Додатково за двома розподіленими каналами можуть виконуватись динамічні перетворення (демпфірування чи диференціювання) сигналів X12, X22 у сигнали Y12, Y22. Перемиканням перемичок забезпечується: вибір виконуваної функції щодо входів X12, X22; установка щодо входів Y12, Y22 фіксованих значень коефіцієнтів підсилення $C_1 = 0,5$ і $C_2 = 0,5$. У табл. 2.10 вказані положення перемичок для різних варіантів функціонування блоку. Блок БКР – 2МП застосовується звичайно для реалізації системних модулів "Сигнал від двох датчиків" (рис. 2.42).

Блок БКР – 3МП забезпечує гальванічний розподіл кіл вхідного X11 і вихідного Y11 сигналів. Додатково може виконувати за незалежними один від одного каналами динамічне перетворення (демпфірування чи диференціювання) сигналу X12 у вихідний Y12 сигнал і сигналізацію досягнення вхідними сигналами X21, X22, X31, X32 заданих значень, за яких здійснюється комутація (замикання) контактів Q21, Q22, Q31, Q32 (логічний вихід) вихідних реле. Перемиканням перемичок у доповнення до функції БКР – 2МП забезпечується виконання операцій складання або віднімання з сигналами X21, X22, X31, X32. У табл. 2.10 вказані положення перемичок.

Блок БКР – 3МП застосовується звичайно у складі системних модулів „Сигнал від одного датчика”, „Диференціювання вхідного сигналу” (рис.2.43), „Демпфірування вхідного сигналу”, „Нелінійне перетворення вхідного сигналу”, „Селектування вхідного сигналу” (рис. 2.44, 2.45) та ін.

Блок обчислювальних операцій типу БВО – П(Ш) застосовується в АСР з адаптивними і екстремальними законами регулювання для реалізації складних алгоритмів керування. Одержання різних алгебраїчних функцій від вимірюваного параметра здійснюється для аналогового сигналу напруги постійного струму. Перемиканням перемичок (табл.2.11) забезпечується: вибір виконуваної операції (складання або віднімання) з сигналами X22, X23, X32; установка щодо виходу Y2 необхідного значення коефіцієнта підсилення β ; вибір функціональної залежності щодо виходів Y3 та Y4; установка щодо виходу Y3 фіксованого значення коефіцієнта підсилення C . Схема зовнішніх з'єднань блоку у складі системного модуля „Задавач співвідношення” наведена на рис. 2.40.

Блок селектування типу БСЛ – П(Ш) використовується в АСР для реалізації складних алгоритмів у системах, де регулювання здійснюється за найбільшим (чи найменшим) параметром у відношенні до інших. Блок має чотири канали обробки інформації, кожний з яких містить підсумовувач з несиметричною характеристикою і з додатковим логічним виходом, що з'єднаний з пристроєм сигналізації (реле з розмикаючим контактом). Перемиканням перемичок, положення яких наведено в табл. 2.12, забезпечується: вибір виконуваної операції (додавання або віднімання) з сигналами X12, X21, X32, X42, X43; вибір функціональної залежності щодо виходів Y3, Y4; установка щодо виходів Y1 – Y4 фіксованих значень коефіцієнтів підсилення $C = 1$.

Виділення екстремальних сигналів здійснюється блоком при об'єднанні виходів Y. Найменший сигнал визначається шляхом попереднього віднімання вхідних сигналів від опорної напруги $U_{оп}$, виділення найбільшої величини з отриманих результатів і наступного віднімання цієї найбільшої величини від $U_{оп}$.

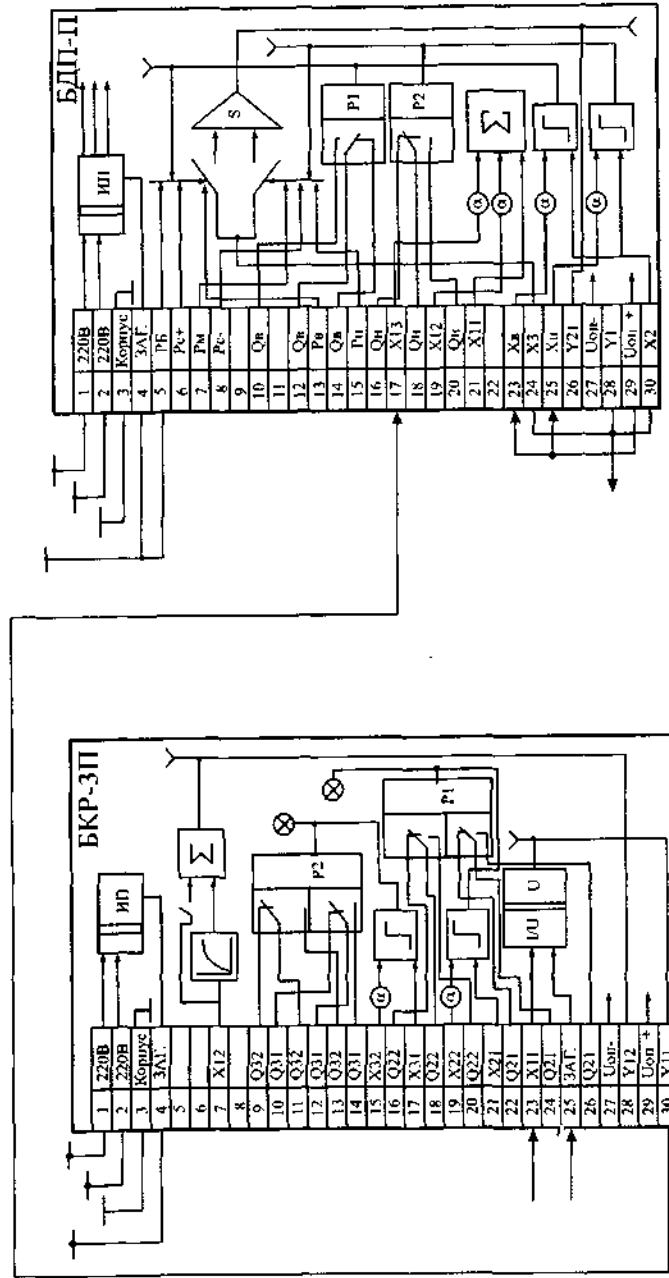


Рис. 2.43. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля „Диференціювання вхідного сигналу”.

Таблиця 2.11. Характеристики параметрів функціонування блоку БВО – П.

Характеристика	Позначення колодок	Положення перемичок на колодках
Виконується операція з сигналом X22:		
Додавання	X3	5-8, 6-9
Віднімання	X3	5-6, 8-9
Виконується операція з сигналом X23:		
Додавання	X3	1-4, 2-5
Віднімання	X3	1-2, 4-5
Коефіцієнт підсилювання β щодо виходу Y2:		
0,5	X1	7-8, 8-9
1	X1	5-8, 7-8
5	X1	5-8, 8-9
Виконується операція з сигналом X32:		
Додавання	X5	1-4, 2-5
Віднімання	X5	1-2, 4-5
Коефіцієнт підсилення C щодо виходу Y3:		
0,5 – 10	X6	2-3
1	X6	1-2
Функціональна залежність щодо виходу Y3:		
$Y3 = C(\alpha 31X31 \pm X32)$	X6	7-8
$Y3 = C(\alpha 31X31 \pm X32) > 0$	X6	8-9
$Y3 = 0$ при $(\alpha 31X31 \pm X32) < 0$		
Функціональна залежність щодо виходу Y4:		
$Y4 = 0,1 X 41X42$	X1	1-2
$Y4 = 0,1 X^2 41$	X2	1-2, 4-5, 7-8
$Y4 = X 41X42$	X1	1-2
$Y4 = X 41X42$	X2	2-3, 4-5, 7-8
$Y4 = \sqrt{10}X41$	X1	1-2, 5-6, 8-9
$Y4 = \sqrt{10}X41$	X2	2-3
$Y4 = \sqrt{10}X41$	X2	2-3, 5-6, 8-9

На рис. 2.44 і 2.45 наведені схеми зовнішніх з'єднань блоку БСЛ – П у складі системних модулів "Селектування вхідного сигналу".

Блок порівняння типу БСЛ – 04 за призначенням аналогічний попередньому. Додатково має пристрої гальванічного розподілу кіл усіх вхідних, порівнюваних між собою сигналів, і вхідних кіл від вихідних, а у колах двох вхідних сигналів ввімкнені демпфуючі пристрої з регульованою сталою часу.

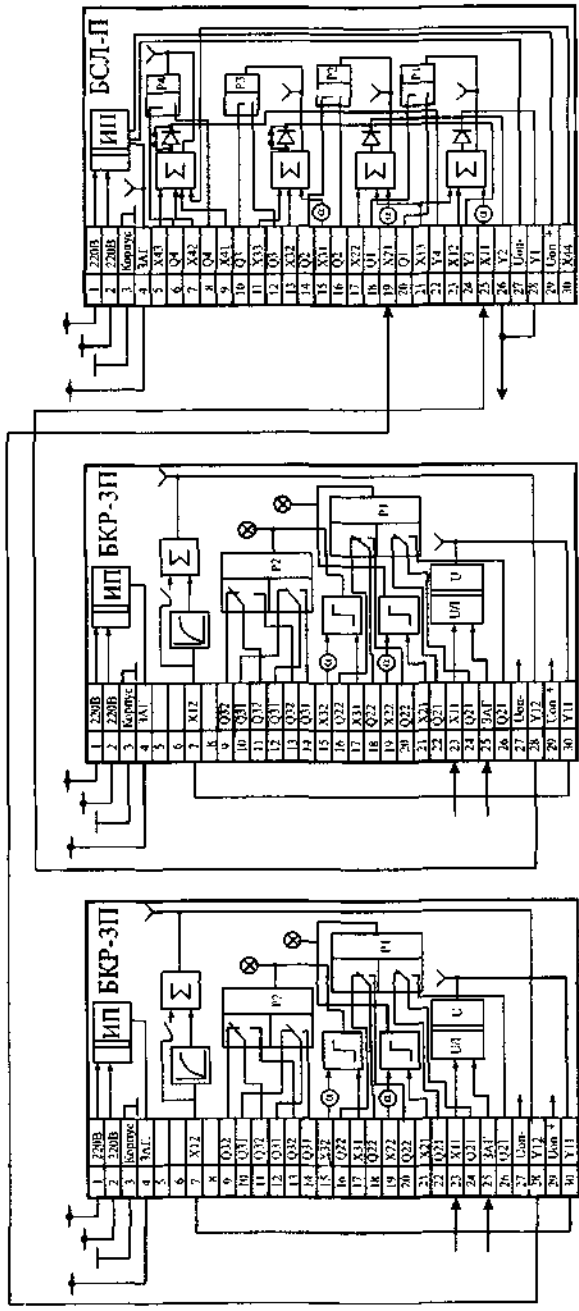


Рис. 2.44. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля „Виділення максимального значення вхідного сигналу”.

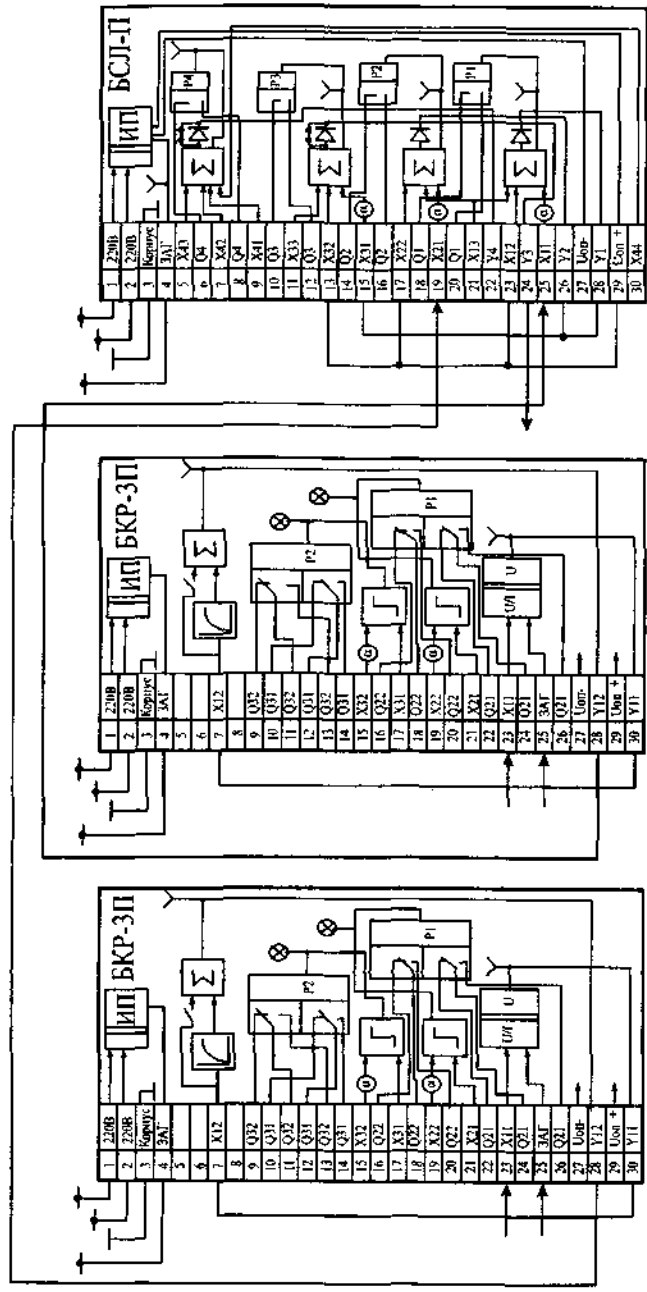


Рис. 2.45. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля „Виділення мінімального значення вхідного сигналу”.

Таблиця 2.12. Характеристики параметрів функціонування блоку типу БСЛ - П(Ш).

Характеристика	Позначення колодок	Положення перемичок на колодках
Виконувана операція з сигналом X12:		
Додавання	X1	1-4, 2-5
Віднімання	X1	1-2, 4-5
Коефіцієнт підсилення С щодо виходу Y1:		
0,5...10	X4	1-4
1	X4	4-7
Виконувана операція з сигналом X22:		
Додавання	X1	5-8, 6-9,
Віднімання	X1	5-6, 8-9
Коефіцієнт підсилення С щодо виходу Y2:		
0,5...10	X4	3-6
1	X4	6-9
Виконувана операція з сигналом X32:		
Додавання	X2	1-4, 2-5
Віднімання	X2	1-2, 4-5
Коефіцієнт підсилення С щодо виходу Y3:		
0,5...10	X5	3-6
1	X5	6-9
Функціональна залежність щодо виходу Y3:		
$Y3 = C3 (-\alpha31X31 \pm X32 + X33)$	X5	4-7
$Y3 = C3(-\alpha31X31 \pm X32 + X33)$	X5	1-4
при $(-\alpha31X31 \pm X32 + X33) > 0$		
$Y3 = 0$ при $(-\alpha31X31 \pm X32 + X33) \leq 0$	X5	1-4
Виконувана операція з сигналом X41(X42):		
Додавання	X3(X2)	5-8, 6-9
Віднімання	X3(X2)	5-6, 8-9
Виконувана операція з сигналом X43:		
Додавання	X3	1-4, 2-5
Віднімання	X3	1-2, 4-5
Коефіцієнт підсилення С щодо виходу Y4:		
0,5...10	X6	3-6
1	X6	6-9
Функціональна залежність щодо виходу Y4:		
$Y4 = C4 (\pm\alpha41X41 \pm X42 \pm X43 - X44)$	X6	4-7
$Y4 = C4(\pm\alpha41X41 \pm X42 \pm X43 - X44)$	X6	1-4
при $(\pm\alpha41X41 \pm X42 \pm X43 - X44) > 0$		
$Y4 = 0$ при $(\pm\alpha41X41 \pm X42 \pm X43 - X44) < 0$	X6	1-4

Блок нелінійних перетворювань типу БНП - П(Ш) застосовується в АСР для: формування нелінійної залежності вихідного сигналу від вимірюваного параметра; алгебраїчного підсумовування двох сигналів з множенням одного з них на масштабований коефіцієнт. Перемиканням перемичок, положення яких вказано у табл. 2.13, забезпечується: вибір знаків (\pm), установка значень коефіцієнтів підсилення $C_j = 0$ при алгебраїчному підсилюванні часткових функцій обмеження на шести дільницях апроксимації; вибір операції, що виконується (додавання чи віднімання), з сигналами X21, X22; установка щодо виходу Y2 необхідного коефіцієнта підсилення β .

Таблиця 2.13. Характеристики параметрів функціонування блоку типу БНП - П(Ш)

Характеристика	Позначення колодок	Положення перемичок на колодках
Коефіцієнт підсилення C1, C3, C5 щодо виходу Y1:		
$C1 > 0, C3 > 0, C5 > 0$	X2, X3, X4	1-4, 2-5
$C1 < 0, C3 < 0, C5 < 0$	X2, X3, X4	1-2, 4-5
$C1 = C3 = C5 = 0$	X2, X3, X4	2-5, 4-7
Коефіцієнт підсилення C2, C4, C6 щодо виходу Y1:		
$C2 > 0, C4 > 0, C6 > 0$	X2, X3, X4	5-8, 6-9
$C2 < 0, C4 < 0, C6 < 0$	X2, X3, X4	5-6, 8-9
$C2 = C4 = C6 = 0$	X2, X3, X4	3-6, 5-8
Знак початкового значення сигналу Y1:		
+Y0	X5	7-8
-Y0	X5	8-9
Виконувана операція з сигналом X21:		
Додавання	X1	6-9, 7-8
Віднімання	X1	5-6, 8-9
Виконувана операція з сигналом X22:		
Додавання	X1	1-4, 2-5
Віднімання	X1	1-2, 4-5
Коефіцієнт підсилення β щодо виходу Y2:		
0,5	X5	1-2, 2-3
1	X5	1-2, 2-5
5	X5	2-3, 2-5

Схеми зовнішніх з'єднань блоку БНП - П у складі системних модулів „Параметричний програмний задавач” і „Часовий програмний задавач”

наведені відповідно на рис. 2.41. і 2.46. Останній системний модуль застосовується в АСР, у яких сигнал завдання потрібно змінювати за часом. При цьому функція завдання реалізується подачею на блок БНП – П вихідного сигналу з блоку БПИ – П, що лінійно змінюється за часом.

Блок *нелінійного перетворювання типу БНП – 04* за призначенням аналогічний попередньому. Додатково забезпечує гальванічний розподіл кола вхідного сигналу від кіл двох вихідних сигналів (за струмом та напругою).

Блок *прецизійного інтегрування типу БПИ – П(Ш)*, здійснює реверсивне (в прямому та зворотному напрямі) інтегрування аналогового вхідного сигналу $X1$ або широко модульованого імпульсного сигналу за рівнянням:

$$Y21 = Y0 \pm \frac{1}{T_{\text{и}}} \int X1 dt. \quad (2.37)$$

де Y_0 – початкова умова інтегрування; $T_{\text{и}}$ – постійна часу інтегрування, що встановлюється дискретно у діапазоні $5 \cdot 10^4$ с.

У рівнянні (2.37) знак „+” відповідає інтегруванню у прямому напрямі, коли знак приросту вихідного сигналу $\Delta Y21$ збігається зі знаком вхідного сигналу $X1(t)$. Блок має гальванічно розділений вихід $Y22$ і два логічних виходи (Q_v, Q_n), забезпечує відновлення значення вихідного сигналу після тривалої відсутності напруги живлення. У табл. 2.14 вказані положення переминок, перемиканням яких встановлюється вибір діапазону зміни вихідного сигналу.

Таблиця 2.14. Характеристика параметрів функціонування блоку типу БПИ – П(Ш)

Характеристика	Позначення колодок	Положення переминок на колодках
Вихідний сигнал $Y22$:		
0...5мА	X3	1-4, 2-5, 3-6
0...20, 4...20мА	X3	1-4, 2-5, 6-9
0...10В	X3	3-6, 4-7, 5-8

В АСР застосовуються у складі системних модулів задавачів різного типу (рис. 2.46, 2.47). Системний модуль „Імпульсний автоматичний задавач” звичайно застосовується в багатоконтурних АСР, ведучий імпульсний регулятор яких керує здавачем. Сигнал завдання формується блоком БПИ – П, що перетворює керуючий імпульсний сигнал у аналоговий. Вибір режиму встановлення завдання „Дистанційне” чи „Автоматичне” від ведучого регулятора здійснюється блоком БРУ – У.

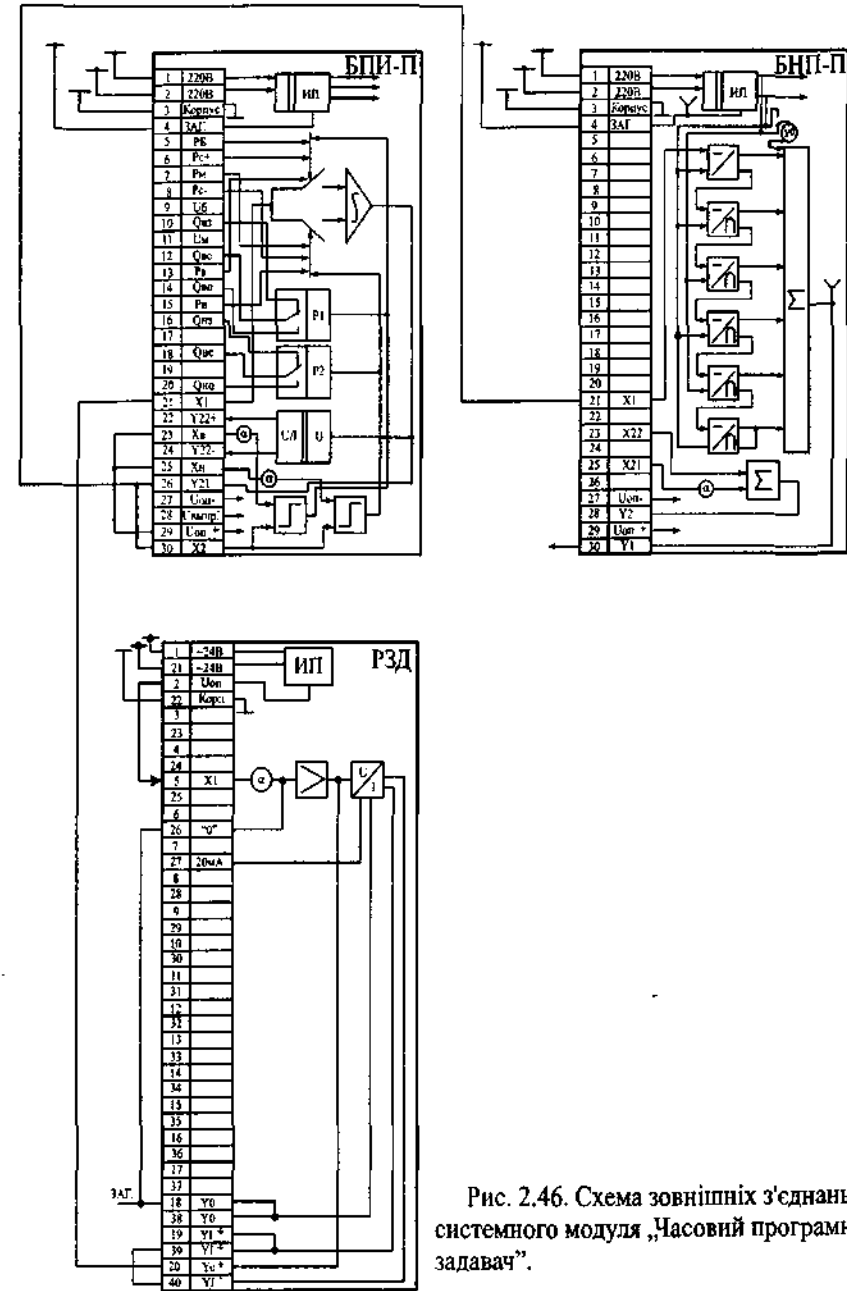


Рис. 2.46. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля „Часовий програмний задавач”.

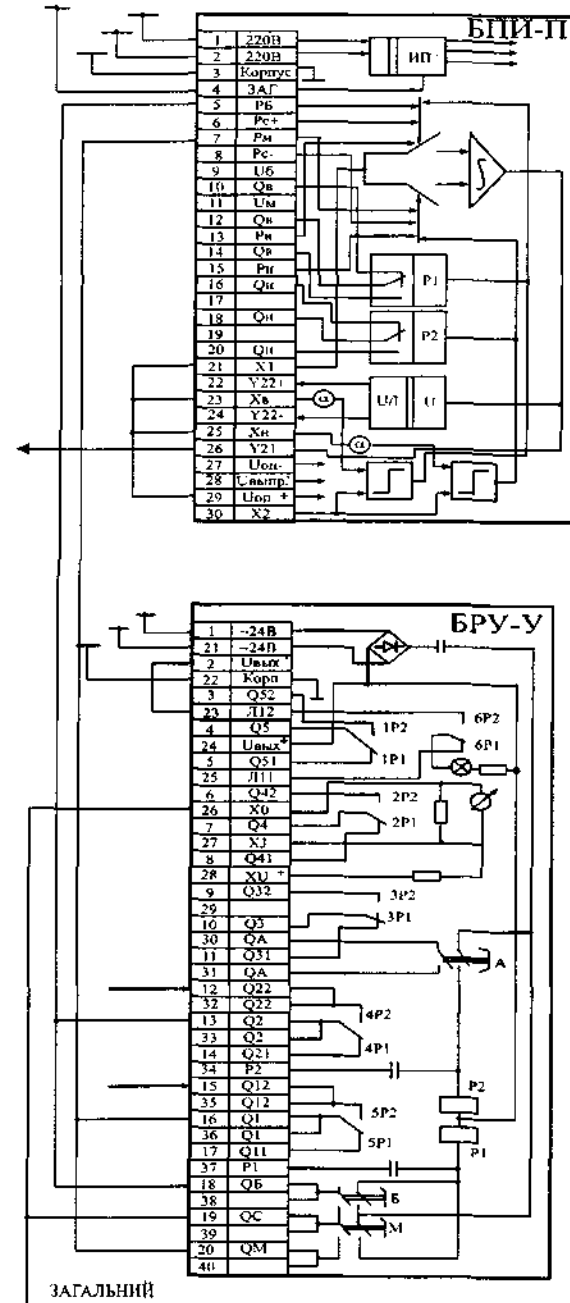


Рис. 2.47. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля „Імпульсний автоматичний задавач”.

У момент переходу з одного режиму на інший величина завдання не змінюється. Положення перемикаючих контактів реле відповідають проходженню імпульсу струму через обмотку P1 (рис. 2.47)

Слід відзначити, що режимами роботи інтегратора може забезпечуватися управління вихідними логічними сигналами Р6 і Рм від кнопок Б і М блоку БРУ – У, уведення обмеження сигналами Рв і Рн вихідного сигналу, а також прискорення зміни вихідного сигналу у бік зменшення сигналом Рс⁻ і у бік збільшення сигналом Рс⁺.

Блок динамічних перетворень БДП – П(Ш) здійснює реверсивне інтегрування аналогового сигналу X3 за рівнянням (2.37) і алгебраїчне підсумовування вхідних сигналів X11, X12, X13 з попереднім масштабуванням двох із них за формулою:

$$Y1 = C(\pm X1 \pm \alpha 12 X12 - \alpha 13 X13), \quad (2.38)$$

де α – масштабний коефіцієнт.

Перемиканням переминок, положення яких вказано в табл. 2.15, забезпечуються: вибір виконуваної операції (додавання, віднімання) з вхідними сигналами, установка фіксованого коефіцієнта підсилення $C = 1$.

Таблиця 2.15. Характеристика параметрів функціонування блоку БДП – П(Ш).

Характеристика	Позначення колодок	Положення переминок на колодках
Виконувана операція з сигналами X11(X12):		
Додавання	X1	1-2 (7-8)
Віднімання	X1	2-3 (8-9)
Коефіцієнт підсилення С щодо виходу Y1:		
0,5...10	X2	5-6
1	X2	4-5

Застосовується блок для реалізації системних модулів „Диференціювання чи демпфірування вхідного сигналу” (див. рис. 2.43). Це стає можливим через наявність підсумовувача, що працює у комплекті з інтегратором за схемами із зворотними зв'язками.

Блок сигналізації типу БСГ – П(Ш) призначений для сигналізації відхилення вхідних сигналів X12 і X22 за двома незалежними каналами за межі значень, що встановлюються підключенням опорної напруги Uоп на вхід X11 або X21. Кожний канал має підсумовувач вхідних сигналів, демпфіруючий пристрій, безконтактний релейний елемент і вихідні ключі, що

зв'язані з логічними виходами Q12, Q13, Q22, Q23.

Блок може використовуватися у системних модулях для дво- і три позиційного регулювання (рис. 2.48)

Якщо, наприклад, для двопозиційного регулювання необхідно сформувати характеристику блоку у вигляді зони нечутливості, опорна напруга піднімається на обидва входи X11 і X13 чи X21 і X23. Поріг спрацьовування регулюється пристроєм масштабування α_{11} чи α_{21} щодо входу X11 чи X21. Сигнал розузгодження має вивід на клеми Y1 і Y2. Для три позиційного регулювання параметра вхідний сигнал повинен бути підключений на обидва входи X12 і X22. У табл. 2.16 вказані положення переминок, завдяки чому може бути забезпечено: вибір виконуючої операції (додавання, віднімання) з сигналами X11, X12, X21, X22; установка щодо виходів Y1 і Y2 необхідних коефіцієнтів підсилення β .

Таблиця 2.16. Характеристика параметрів функціонування блоку БСГ – П(Ш).

Характеристика	Позначення колодок	Положення переминок на колодках
Виконувана операція з сигналом X11(X21):		
Додавання	X1(X3)	1-2
Віднімання	X1(X3)	2-3
Виконувана операція з сигналом X12(X22):		
Додавання	X1(X3)	7-8
Віднімання	X1(X3)	8-9
Коефіцієнт підсилення β щодо виходу Y1(Y2):		
0,5	X1(X3)	4-5, 5-6
1	X1(X3)	5-6
5	X1(X3)	4-5

Блок ручного керування БРУ призначений для ручного, дистанційного перемикання інформаційних і керуючих кіл. Має чотири виконання.

Блок БРУ – 1К (однокнопковий) здійснює перемикання кіл керування виконавчими пристроями для переміщення регулюючого органу в одному напрямі з автоматичним поверненням кіл у початковий стан після закінчення впливу.

Блок БРУ - 2К (двокнопковий) здійснює перемикання кіл керування виконавчими пристроями для переміщення регулюючого органу в обох напрямках.

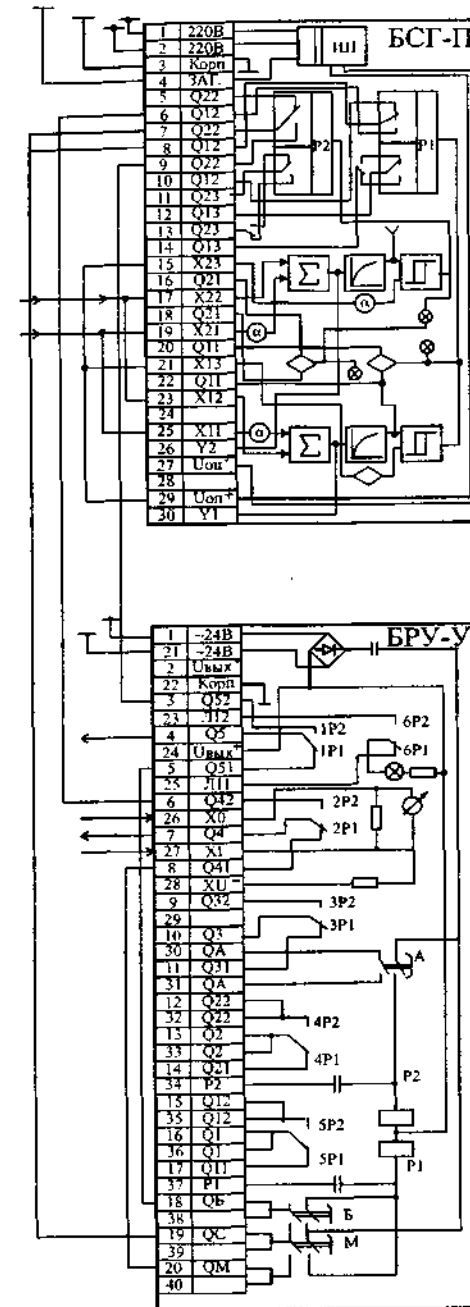


Рис. 2.48. Схема зовнішніх з'єднань системного модуля „Трипозиційний регулювальний пристрій”.

Блок БРУ – 3К (трикноповий) забезпечує виконання функцій блоків БРУ – 1К і БРУ – 2К.

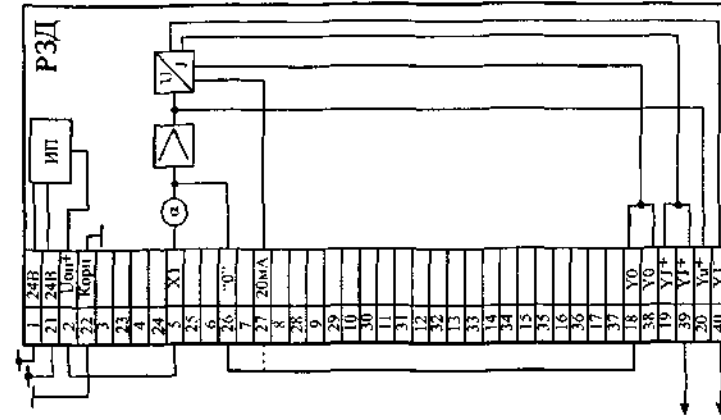
Блок БРУ – У додатково до функцій блоку БРУ – 3К забезпечує індикацію положення регулюючого органу виконавчого пристрою. Блоки містять двохомоткові поляризовані реле Р1 і Р2 з імпульсним керуванням, індикаторні лампи і кнопки керування (А, Б, М). Реле виконує функції перемикача на два положення з блокуванням стану. Положення контактів залежить тільки від проходження імпульсу по тій або іншій обмотці. Схеми зовнішніх з'єднань блоку БРУ – У у складі різних системних модулів наведені на рис. 2.38, 2.39, 2.47 і 2.48. При цьому положення контактів реле, що зображені на схемах, відповідають проходженню імпульсу струму крізь обмотку Р1.

Ручний задавач типу РЗД призначений для отримання від внутрішнього чи зовнішнього джерела опорної напруги уніфікованого сигналу змінюваної величини при дистанційному керуванні завданням регулятора. Системний модуль „Ручний задавач” (див. рис. 2.49) застосовується в одноконтурних АСР або у ведучому каскаді багато контурної АСР. При цьому Блок РЗД залежно від потрібного виду вихідного сигналу може бути підключений за чотирма варіантами.

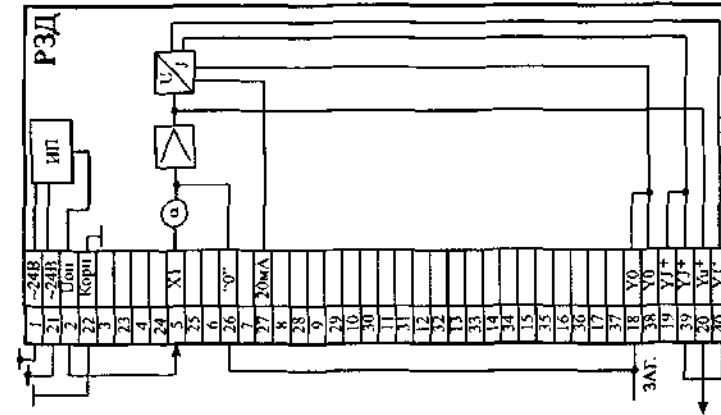
Ручний задавач типу РЗД - К з вмонтованим перемикачем поряд з функцією блоку РЗД забезпечує перемикання кіл керування виконавчими пристроями аналогічно блоку типу БРУ – 1К. Кола вихідного сигналу блоку РЗД – К гальванічно розподілені від інших кіл. Вид і діапазон змін вихідного сигналу визначаються зовнішніми з'єднаннями на клемній колодці.

Комплекс технічних засобів АКЕЗР-2 містить блоки, які мають більш широкі функціональні можливості у порівнянні із пристроями попереднього комплексу. При цьому його апаратура є сумісною із пристроями КТЗ АКЕЗР першої черги як по сигналам, так і по габаритним розмірам. Конструктивно пристрої складаються із шасі і кожуха, розрахованого на щитовий занурений монтаж на вертикальній площині. На задній стінці корпусу розташована 30-ти клемна колодка для зовнішніх електричних з'єднань. Органи налаштування пристроїв розташовані на бокових панелях керування у передній частині шасі, доступ до яких стає можливим при висуненні шасі з кожуха пристрою. Блоки не мають гальванічного зв'язку між вхідними і вихідними колами. Номенклатура та окремі технічні характеристики блоків комплексу АКЕЗР-2 наведені у табл. 2.17-2.19.

Вхідний опір приладів для сигналів 0-5 мА, 0(4)-20 мА відповідно не перевищує 0,25 кОм і 0,1 кОм, для сигналів (-10)÷0-10 мГн, (-1)÷0-1 В, 0-2 В складає понад 1 кОм, а для сигналу 0-10 В – понад 10 кОм. Споживча потужність для блоків РП4-У і РП4-Т складає 20 ВА, для РП4-П – 30 ВА. Маса пристроїв не більше 6,5 кг.



б)



а)

Рис. 2.49 Схеми зовнішніх з'єднань системного модуля „Ручний задавач”: а - вихідний сигнал 0-10В; б - вихідний сигнал 0-5мА, 4-20мА (пунктирна лінія зв'язку додається для реалізації останнього варіанту).

Таблиця 2.17. Характеристики вхідних сигналів регулювальних пристроїв комплексу АКЕЗР-2.

Тип пристрою	Вхідні сигнали (див. рис. 2.50-2.53)				Можливість застосування
	Позначення контактів	Вид	Діапазон зміни	Кількість	
1	2	3	4	5	6
РП4-У	12, 14; 16, 18; 20, 22; 24, 26	Аналоговий, постійний струм	0-5, 0-20, 4-20 мА	4	Три входи для масштабування з коефіцієнтами: ($\alpha_1 \div \alpha_3$) = 0÷1
	5, 4; 6, 4	Аналоговий, напруга постійного струму	0-10 В	2	Перетворення напруги у струм
	11, 13, 13, 15	Дискретний, напруга постійного струму	0 і 24 В	2	Дистанційне підстроювання коефіцієнта передачі α_n
	17, 19, 21	Аналоговий, сигнал реостатного задавача	±5%	1	Зовнішній реостатний задавач
РП4-Т	25, 27, 29 26, 28, 30	Аналоговий, зміна термоопору	0-200 Ом	2	Термометри опору типу ТСП, ТСМ
	24, 26	Аналоговий, ЕДС термопар	0-50 мВ	1	Для підключення коробки холодних спайв КХС4
	11, 13; 13, 15	Дискретний, напруга постійного струму	0 і 24 В	2	Дистанційне підстроювання коефіцієнта передачі α_n
	12, 14	Аналоговий, постійний струм	0-5 мА	1	Для масштабування
РП4-П	23, 4; 25, 4; 27, 4; 29, 4.	Аналоговий, зміна взаємної індуктивності	(-10)-0-10 мГн (-1)-0-1, 0-2 В	4 2	Масштабування
	11, 13; 13, 15	Дискретний, напруга постійного струму	0, 24 В	2	Дистанційне підстроювання коефіцієнта передачі α_n і постійної інтегрування τ_n
	17, 19, 21	Аналоговий сигнал реостатного задавача	±5%		Зовнішній реостатний задавач

Таблиця 2.18. Загальні характеристики вихідних сигналів регулювальних пристроїв комплексу АКЕЗР-2.

Вид сигналу	Позначення контактів (див. рис. 2.50-2.53)	Діапазон зміни	Максимальне навантаження, комутуємий сигнал	Можливість застосування
Логічний (двохполуперіодна напруга постійного струму)	7, 8, 9	0 і 24	0,15 А	Підключення до підсилювачів потужності
Логічний (стан безконтактних ключів для напруги постійного струму)	7, 10, 9	"0" і "1"	30 В і 0,15 А	Підключення до підсилювачів потужності за умов зовнішнього джерела живлення
Аналоговий (постійний струм)	27, 29	0-5 мА	0,5 кОм	Вихід струмового задавача і перетворювача напруги у струм (для РП4-У)
Аналоговий (постійна напруга)	24, 25	0-50 мВ	-	Сигнал задання (для РП4-Т)
Напруга змінного струму	12, 14; 16, 18; 20, 24; 26, 30	12 В	0,125 А	Живлення датчиків (для РП4-П)

Регулювальні пристрої з імпульсним вихідним сигналом РП4 призначені для формування П, ПІ- законів регулювання, а із зовнішнім диференціатором (блок БДС) – ПІД- закону регулювання АСР, що містить електричні механізми постійної швидкості.

Номинальні діапазони установки параметрів настроювання регулювальних блоків складають: зони нечутливості – 0,2÷2 % від діапазону зміни вхідного сигналу; коефіцієнту передачі (дискретно) – 0,5÷5 с/(%); постійної часу інтегрування у залежності від виконання (дискретно) – 5÷500 і 20÷2000 с; постійної часу демпфірування – 0÷30 с; тривалості імпульсу – 0,1÷1 с. Крім того, у пристроїв можливо забезпечити триступінчасте дистанційне підстроювання коефіцієнтів передачі і постійної часу інтегрування в обмежених діапазонах.

Таблиця 2.19. Технічні характеристики функціональних блоків і пристроїв оперативного керування комплексу АКЕЗР-2

Найменування блоку	Тип	Сигнали постійного струму		Споживча потужність, ВА	Маса, кг
		Вхідні	Вихідні		
Блок динамічного зв'язку	БДС	0-5, 0(4)-20 мА, 0-10 В	(-5)±5 мА	10	6
Блок підсилювання і демпфірування	БСД		(-10)±10 В		
Блок підсилювання і сигналізації	БСС		Дискретний контактний	15	
Блок обчислювальних операцій	БВО-2				
Блок нелінійних перетворень	БНП-2			10	
Блок селектування	БСЛ-2				
Блок задавача інтегруючого	БЗИ	Середнє значення двохполюперіодної напруги постійного струму 24 В	0-5, 0(4)-20 мА, 0-10 В	30	7
Задавач ручний	РЗД-12	0-5, 0-20 мА, 0-10 В	0-56 0(4)-20 мА, 0-10 В	-	0,2
	РЗД-22			4	0,7
Блок керування	БРУ-42	0-5 мА	-	5	0,8

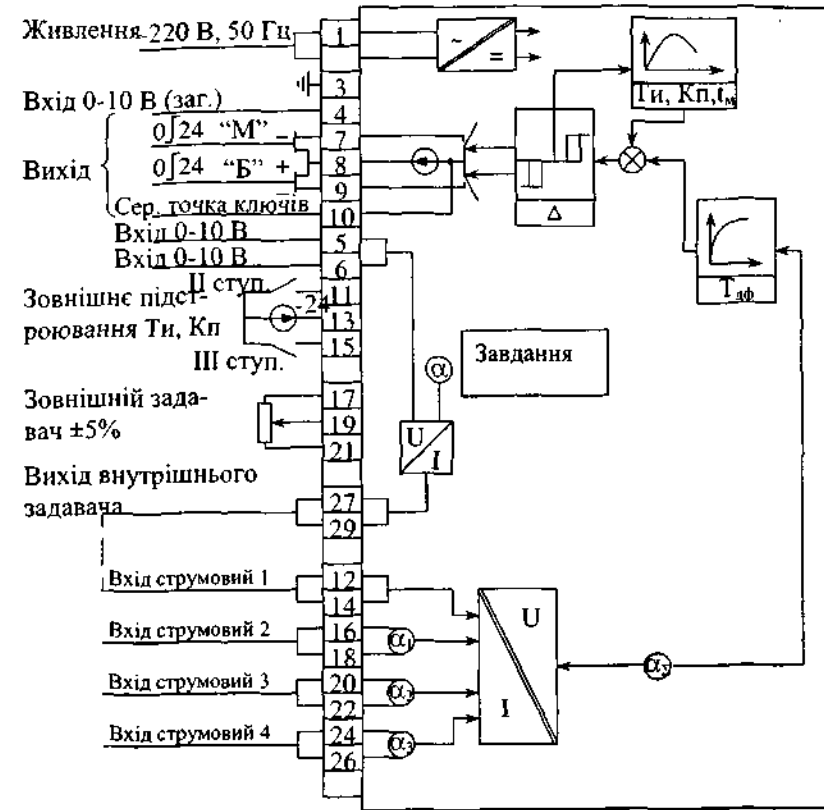


Рис. 2.50. Схема зовнішніх з'єднань блоку РП4-У.

Блок РП4-У призначений для роботи у комплекті із струмовими датчиками, має чотири входи 0÷5 мА чи 0(4)÷20 мА і два входи 0÷10 В (див. рис. 2.50). Струмові входи гальванічно розділені один від одного та від виходу. Передбачений внутрішній задавач з діапазоном встановлення завдання 0 – 5 мА.

Забезпечення вхідного сигналу 4 – 20 мА здійснюється сигналом внутрішнього задавача 0 – 5 мА, який використовується для компенсації вхідного сигналу 4 мА. При формуванні ПІД-закону регулювання зовнішній диференціатор з вихідним сигналом 0 – 5 мА підключається до одного з входів РП4-У або до струмового входу РП4-Т.

Блок РП4-Т дозволяє одночасне підключення двох термоопорів ТС1, ТС2 і струмового сигналу 0 – 5 мА (див. рис. 2.51). При застосуванні од-

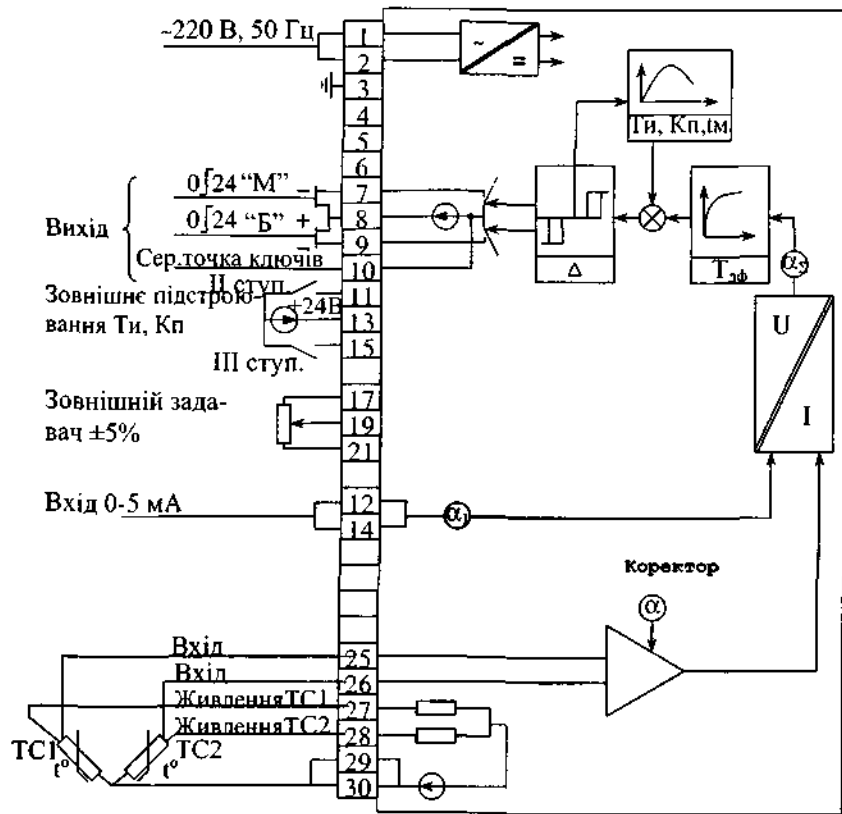


Рис. 2.51. Схема зовнішніх з'єднань блоку РП4-Т при застосуванні термометрів опору.

ного ТС1 замість ТС2 до клем 28 – 30 підключається манганіновий опір 49,6 Ом, а клему 28 з'єднується перемичкою з клемою 26.

Схема зовнішніх з'єднань блоку РП4-Т при використуванні термопар наведена на рис. 2.52, згідно якої можливе одночасне підключення до пристрою однієї термопарі і струмового сигналу 0 – 5 мА. Термопара підключається до вихідних клем коробки холодних спаїв КХС4, що входить до комплекту РП4-Т і призначена для компенсації зміни температур холодного спаю термопарі у діапазоні температур 5 – 50 °С. У випадку підключення термопарі типу ТПР, коробка КХС4 не застосовується і вихід ТПР безпосередньо з'єднується з клемами 24, 26. Слід відзначити, що невикористані клеми пристроїв РП4-У, РП4-Т та інших зовнішніх кіл залишаються вільними.

Блок РП4-П призначений для роботи з диференціально-трансформаторними, індуктивними, реостатними і феродинамічними датчиками, схеми зовнішніх з'єднань яких із регульовальним пристроєм наведені на рис. 2.53 – 2.55.

У відповідності з рис. 2.53 і 2.54а живлення первинних обмоток диференційно-трансформаторних датчиків (Т) здійснюється від клем 12, 14, 16, 18, 20, 24, 26, 30. Первинні обмотки датчиків Т1 – Т4 з'єднуються послідовно. Джерела живлення датчиків також з'єднуються послідовно шляхом встановлення перемичок поміж відповідними клемми з'єднувальної

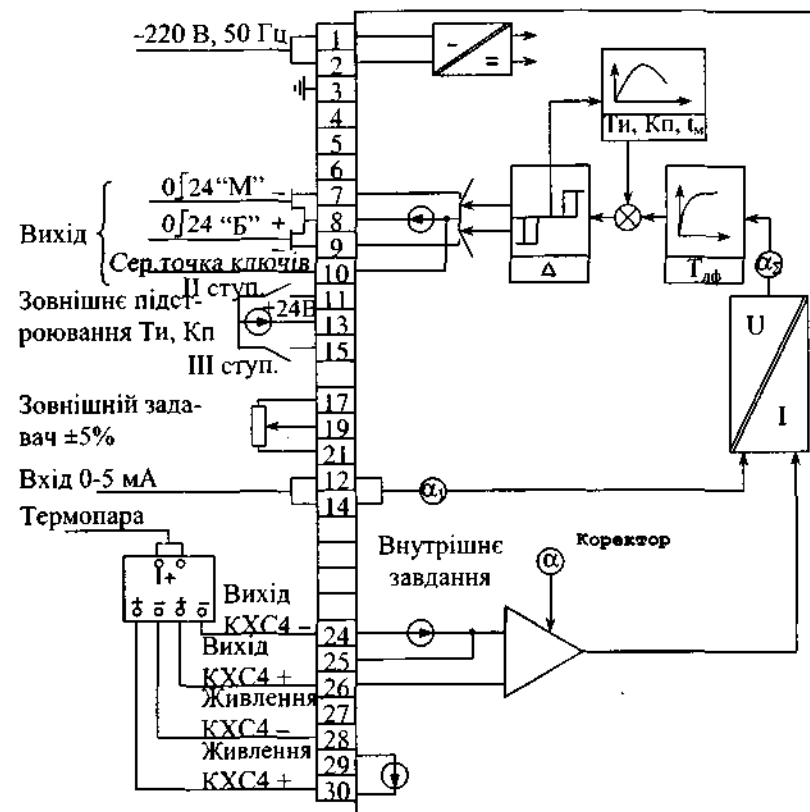


Рис. 2.52. Схема зовнішніх з'єднань блоку РП4-Т при застосуванні термоелектричних термометрів.

колодки. При цьому підключення трьох датчиків Т1 – Т3 забезпечується зняттям перемичок поміж клемми 24, 26, а клему 2 датчика Т3 з'єднується

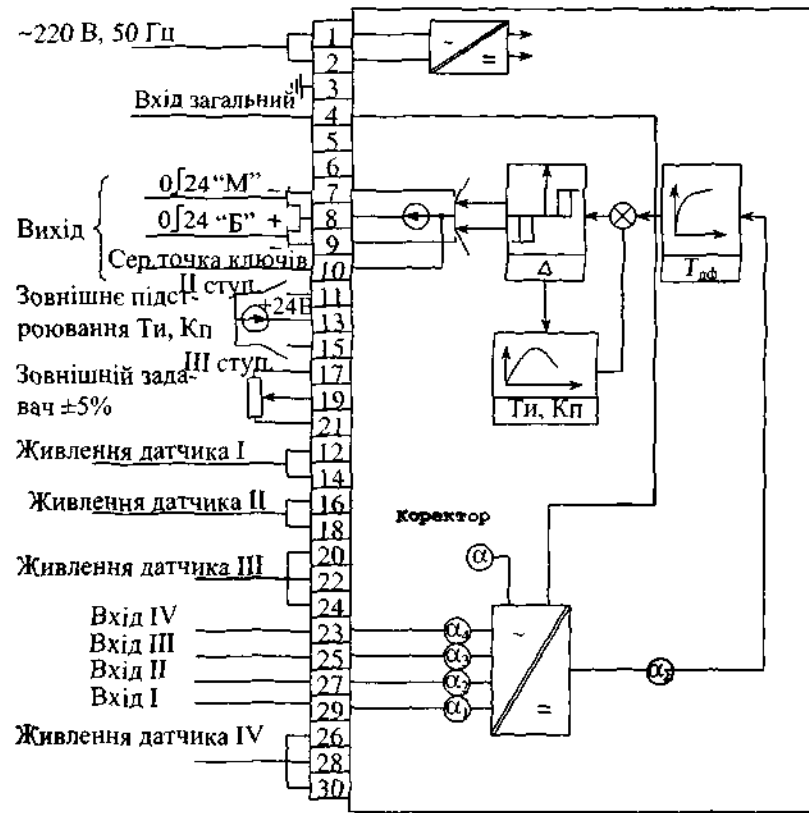


Рис. 2.53. Загальна схема зовнішніх з'єднань блоку РП4-П

ся з клемою 24 регулятора. У випадку підключення двох датчиків Т1 – Т2 знімаються перемички між клемми 24, 26, 18, 20, а клемма 2 датчика Т2 з'єднується з клемою 18 блоку РП4-П. У разі необхідності підключення тільки одного датчика Т1 знімаються усі перемички. А клемма з датчика Т1 з'єднується з клемою 14 регулятора.

Вихідні сигнали феродинамічних датчиків підключаються до входів 3 і 4 (клемми 25, 23) пристрою (див. рис. 2.53 і 2.55), тому що тільки ці входи розраховані для роботи з датчиками типу ПФ за умов відпаювання двох резисторів, вказаних в інструкція на прилад. Підключення одного датчика ПФ відбувається шляхом зняття перемички між клемми 24, 26 і з'єднанням виводу 2 датчика Д1 з клемою 24 регулятора. Пристрої також розраховані на підключення до чотирьох індуктивних датчиків L1 – L4 (див. рис. 2.546). Слід відзначити, що для всіх цих схем характерно жив-

лення датчиків тільки від клем 20, 22, 24, 26, 28, 30, у той час коли невикористані клемми блоку РП4-П залишаються вільними.

Блок динамічного зв'язку БДС дозволяє здійснювати алгебраїчне підсумовування до 4-х вхідних аналогових сигналів постійного струму з масштабуванням 3-х із них, порівнювання з сигналом завдання, демпфірування і динамічне перетворення отриманої суми за законами, що характерні для всережимних АСР. Містить вмонтований струмовий задавач з діапазоном 0÷100 %.

Блок підсумовування і сигналізації БСС призначений для алгебраїчного підсумовування до 3-х вхідних аналогових сигналів з можливістю масштабування 2-х із них, подальшим демпфіруванням отриманої суми і перетворення підсумку у дискретний сигнал. Містить вмонтований струмовий задавач і забезпечує можливість підключення зовнішнього задавача РЗД-12 з діапазоном зміни ±5 %.

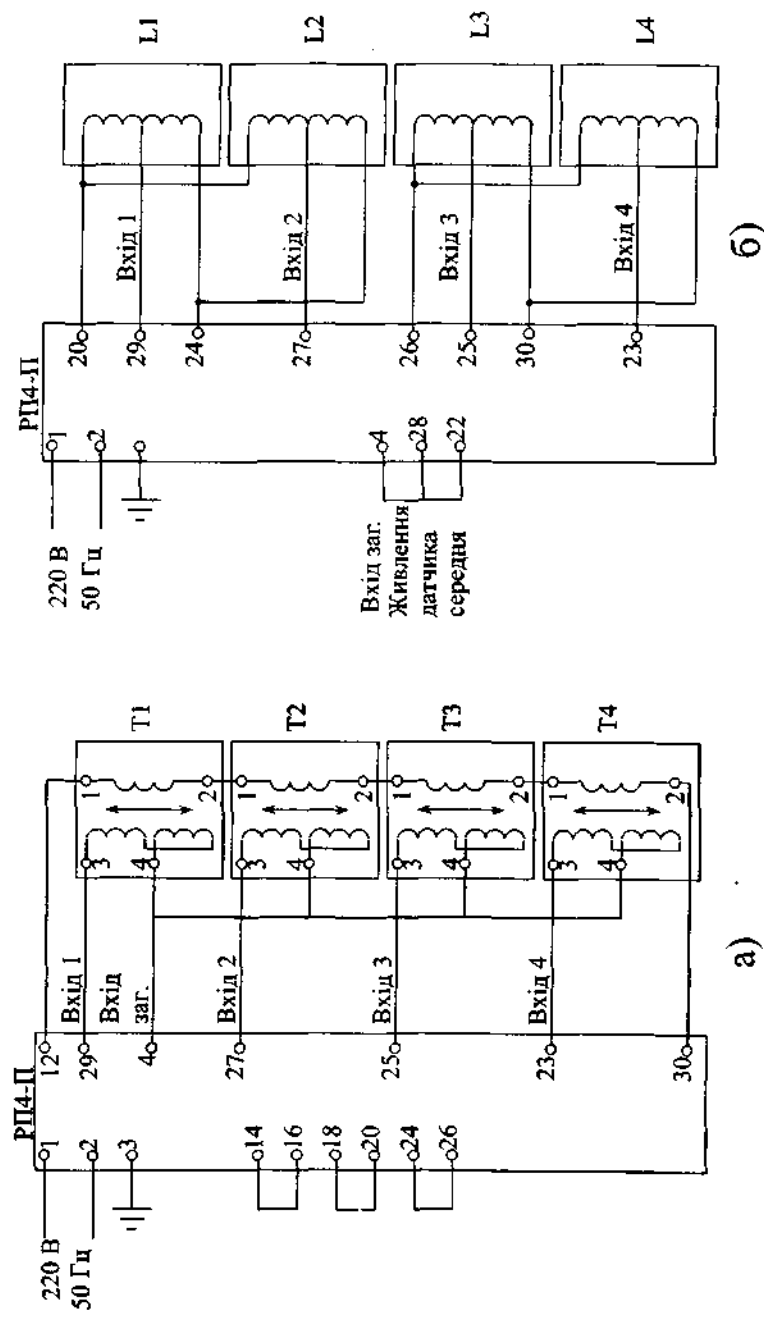
Блок підсумовування і демпфірування БСД за функціональними можливостями ідентичний блоку БДС, але відсутні операції динамічного перетворення.

Блок обчислювальних операцій БВО-2 забезпечує виконання однієї з математичних операцій множення, ділення, піднесення у квадрат витягання квадратного кореня і підсумовування аналогових сигналів з демпфіруванням отриманої суми.

Блок нелінійних перетворень БНП-2 призначений для демпфірування і нелінійного перетворення вхідного аналогового сигналу за допомогою кусково-лінійної апроксимації. Додатково може здійснювати операції піднесення у степінь і витягати квадратні корені. Кількість ділянок апроксимації 6, діапазон встановлення розміру ділянки 2÷30 %, а коефіцієнта підсилення на кожній ділянці 0÷10.

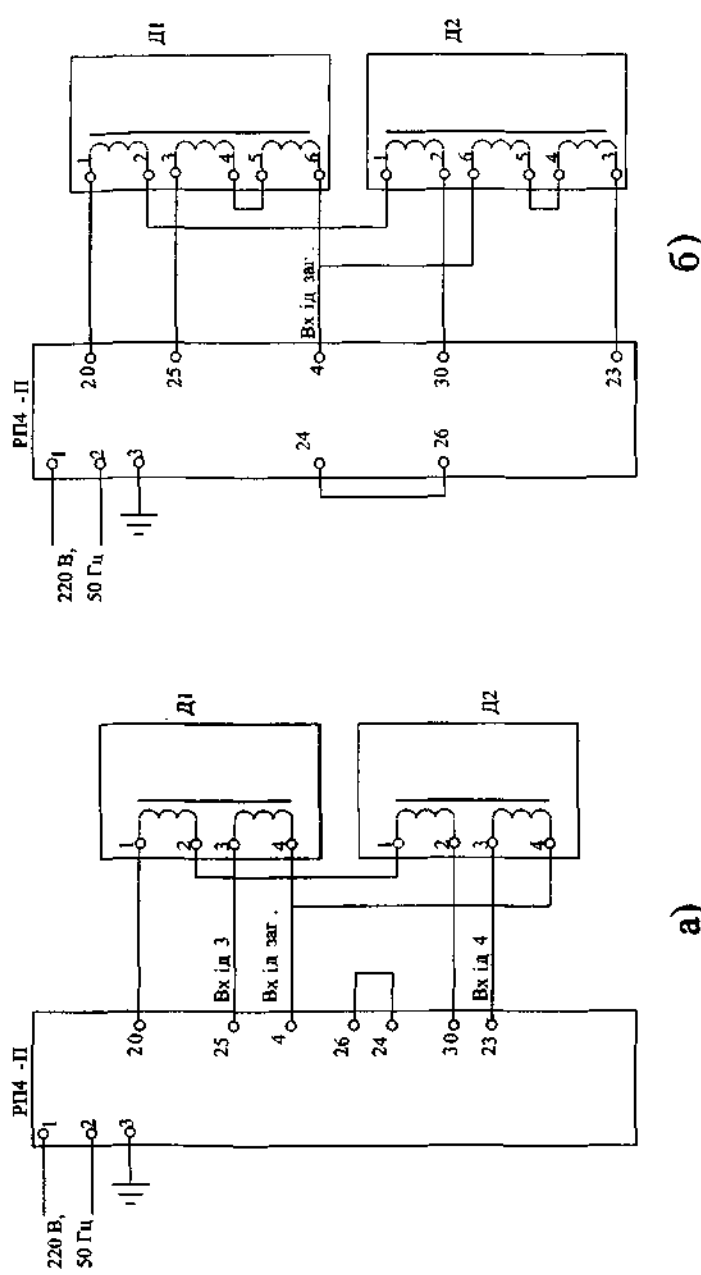
Блок селектування БСЛ-2 забезпечує виділення найбільшого чи найменшого сигналу з 4-х вхідних і передачу його на вихід з одночасною сигналізацією номера виділеного сигналу. Для сигналізації блок має чотири пасивних логічних виходи у вигляді пасивних контактів реле.

Блок задавача інтегруючий БЗИ призначений для інтегрування тривалості імпульсних сигналів, перетворення отриманої величини в уніфікований сигнал постійного струму, запам'ятовування інтегрального значення за відсутності вхідних сигналів чи знятті живлячої напруги, обмеження вихідного сигналу за мінімальним і максимальним значеннями з перемиканням вихідних контактів при досягненні цих значень. Мінімальна тривалість імпульсу – 0,1 с. Номінальні значення часу інтегрування, с: 10, 25, 63, 160 і 400. Встановлення часу інтегрування за допомогою додаткового резистора у межах 10÷1000 с.



а)

Рис. 2.54. Схема зовнішніх з'єднань блоку РП4-П з чотирма диференціально трансформаторними датчиками Т1 Т4 (а) і чотирма індуктивними датчиками (б)



а)

б)

Рис 2.55. Схема зовнішніх з'єднань блоку РП4П з двома ферродинамічними датчиками ПФ2 (а) і ПФ4(б).

Задавач ручний РЗД-12(22) застосовується для ручного уводу уніфікованого сигналу 0-5 мА у функціональні блоки, забезпечує функцію перетворення основних видів уніфікованих сигналів і підсилення за потужністю цих сигналів. Додатково здійснює індикацію спрацьовування релейного блоку по фазам у бік "більше" чи "менше".

Задавач ручний ЗД10К (потенціометричний) входить звичайно до комплексу блоку РП4. Габаритні розміри (мм) – 82x82x59. Схема зовнішніх з'єднань аналогічна блоку ЗУ11.

Блок ручного керування БРУ-42 використовується для вибору режиму керування виконавчим механізмом, здійснення візуального контролю за положенням вихідного валу електричного ІМ та світлової індикації при спрацьовуваннях кіл керування релейного блоку. Схема зовнішніх з'єднань блоку у складі АСР наведена на рис. 2.56. У схемі застосовано жорсткий зворотний зв'язок регулятора РП4 по положенню ІМ, що забезпечує реалізацію П-закону регулювання.

2.4 СИСТЕМА ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИБОРІВ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ "КОНТУР"

Система приборів КОНТУР призначена для побудови різних систем автоматичного регулювання і містить також групи приборів першої (КОНТУР) та другої (КОНТУР-2) черги. При цьому група приборів першої черги з 1984 р. знята з виробництва і замінена багатофункціональними регуляторами комплексу КОНТУР-2. До цього комплексу входять регульовальні прибори серії РС 29М з імпульсним виходом, модифікації і виконання у залежності від вхідних сигналів та структура утворення умовного позначення яких наведені у табл. 2.20. і 2.21.

Регульовальні пристрої РС 29М забезпечують: підсумовування вхідних сигналів; формування і уведення сигналу завдання; підсилення сигналу розузгодження; демпфірування сигналу розузгодження; формування вихідного сигналу для впливу на об'єкт керування у відповідності з П – законом регулювання спільно з датчиком положення виконавчого механізму, ПІ – законом регулювання спільно з виконавчим механізмом, ПІД – законом регулювання спільно з виконавчим механізмом і динамічним перетворювачем та позиційним; аналого – релейне перетворення по двом каналам з індикацією спрацьовування (РС 29.2, РС 29.3); динамічне перетворення по диференційному чи аперіодичному закону (РС 29.3); живлення зовнішніх задавальних пристроїв і вимірювальних перетворювачів (РС 29.3); індикацію межових відхилень сигналу розузгодження (РС 29.0, РС 29.1), виходів (крім РС 29.3), сигналу розузгодження (РС 29.2, РС 29.3), положень виконавчого механізму (РС 29.2, РС 29.3), величини додаткового параметра (РС 29.2.23, РС 29.2.33, РС 29.3.43).

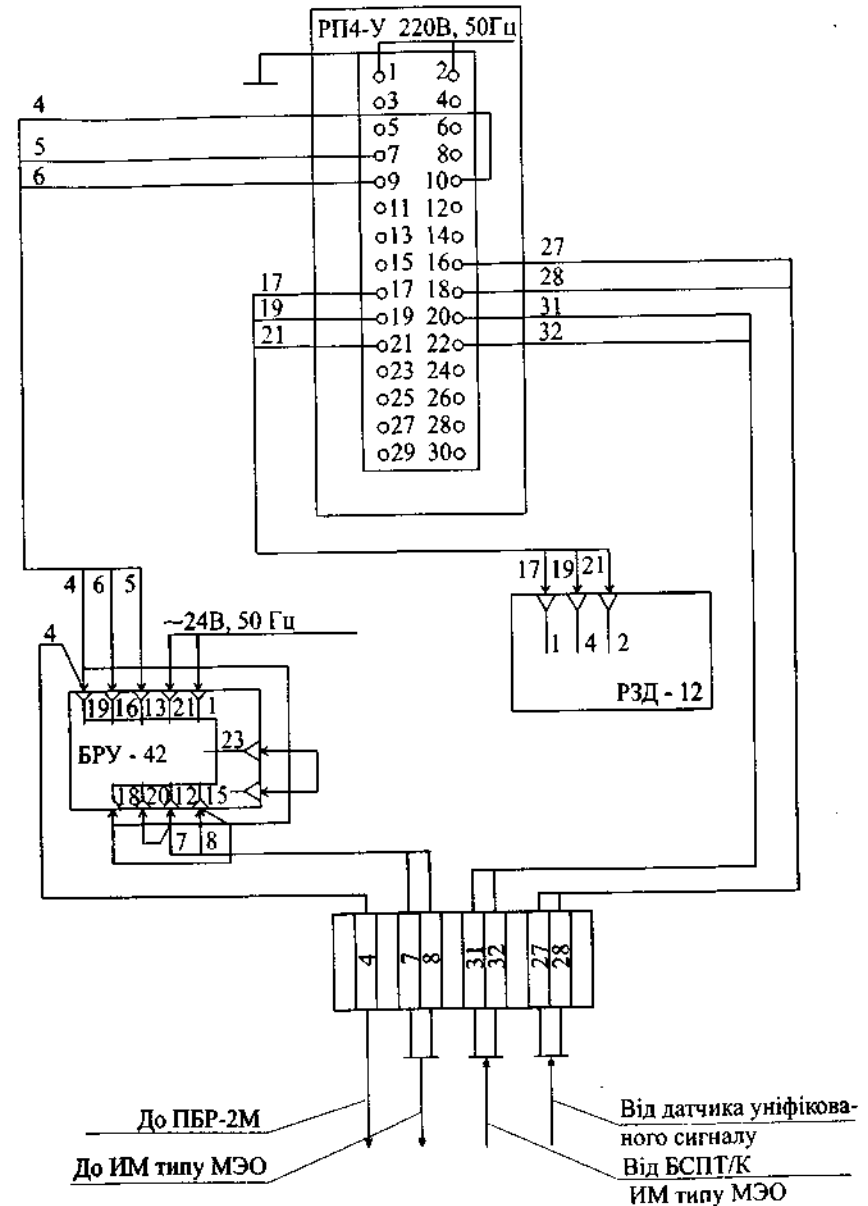


Рис. 2.56. Схема зовнішніх з'єднань центральної частини АСР із застосуванням блоків АКЕЗР-2.

Таблиця 2.20. Модифікації регулювальних приладів серії РС 29М.

Модифікація приладу	Виконання приладу	Вид і номінальний діапазон зміни вхідного сигналу
1	2	3
РС 29.0	РС 29.0.11М РС 29.0.12М	Уніфіковані сигнали постійного струму 0-5 мА, 0-10, 0-1, 0-0,1 В. Сигнал змінного струму від реостатного чи індуктивного датчика показчика положення виконавчого механізму.
	РС 29.0.42М РС 29.0.43М	Уніфіковані сигнали постійного струму 0-5, 0(4)-20мА, 0-10, 0-1 В. Сигнал від реостатного датчика показчика положення виконавчого механізму.
РС 29.1	РС 29.1.11М РС 29.1.12М	Зміна взаємодуктивності диференційно – трансформаторного перетворювача на 10 мГн у межах від (-10) до 10 мГн. Уніфіковані сигнали постійного струму 0-5 мА, 0-10, 0-1, 0-0,1 В. Сигнал змінного струму від реостатного чи індуктивного датчика показчика положення виконавчого механізму.
	РС 29.1.42М РС 29.1.43М	Сигнали від диференційно – трансформаторних перетворювачів у межах від (-10) до 10 мГн. Уніфіковані сигнали постійного струму 0-5, 0-20 мА, 0-1, 0-10 В. Сигнал від реостатного датчика показчика положення виконавчого механізму.
РС 29.2	РС 29.2.22М РС 29.2.23М РС 29.2.32М РС 29.2.33М	Зміна активного опору термоперетворювача опору з НСХ 50 М, 100 М, що відповідає зміні температури на 100°C. Уніфіковані сигнали постійного струму 0-5 мА, 0-10 В. Сигнал від реостатного датчика показчика положення виконавчого механізму.
РС 29.3	РС 29.3.42М РС 29.3.43М	Зміна ЕДС термоелектричних перетворювачів з НСХ ХК(Л), ХА (К), ПП(С), ПР(В) на 10 мВ у межах від 0 до 50 мВ з компенсацією температури холодних спайів. Уніфіковані сигнали постійного струму 0-5 мА, 0-10 В. Сигнал від реостатного датчика показчика положення виконавчого механізму.

Примітка: всі прилади мають два масштабованих входи.

Таблиця 2.21. Структура утворення умовного позначення регулювальних приладів серії РС 29 М.

Найменування виробу	РС	29 М	*	*	*
Умовний номер розробки					
Модифікація по вхідним сигналам.					
Сигнали постійного струму			0		
Сигнали змінного і постійного струму			1		
Сигнали від термоперетворювачів опору і постійного струму			2		
Сигнали від термоелектричних перетворювачів і постійного струму			3		
Виконання по функціям.					
Підсумовування вхідних сигналів із завданням та формування вихідних сигналів для керування виконавчими механізмами, сигналізація межових відхилень з безконтактним виходом.				1	
Підсумовування вхідних сигналів із завданням і формуванням вихідних сигналів для керування виконавчими механізмами, аналого – релейне перетворення з контактним виходом				2	
Теж саме, що і виконання 2 та нелінійне перетворення				3	
Теж саме, що і виконання 2 та динамічне перетворення				4	
Виконання по пристроям індикації.					
Світлова індикація виходів і світлова індикація спрацьовування сигналізатора межових відхилень					1
Світлова індикація виходів, світлова індикація спрацьовування сигналізатора межових відхилень чи спрацьовування при аналого – релейному перетворенні та стрілкова індикація розузгодження і положення виконавчого механізму.					2
Світлова індикація виходів, світлова індикація при аналого – релейному перетворенні і цифрова індикація одного з чотирьох сигналів (за викликом)					3

Елементна база приладів – аналогові інтегральні мікросхеми, тиристори, мікросхеми аналого – цифрового перетворення, цифрові індикатори. Функціональна структура приладів більшості виконань може легко змінюватись за допомогою перестановки перемичок на спеціальному комутаційному полі (ПК), що дозволяє формувати вихідний сигнал за одним із вищенаведених законів регулювання.

Номинальні значення діапазонів зміни основних параметрів, що забезпечують настройку характеристик закону регулювання приладів РС 29М, наступні: зони нечутливості Δ (в процентах від номінального діапазону зміни вхідного сигналу) – $0,4 \div 4$; коефіцієнта передачі K_p – $0,2 \div 10\text{с}/(\%)$; постійної часу T_i інтегрування – $5 \div 500$ с; постійної часу T_{df} демпфірування – $0,25 \div 5$ с; постійної часу динамічного перетворення (диференціювання) T_d – $0 \div 500$ с; максимальна тривалість інтегральних імпульсів t_m вихідних сигналів при мінімальному значенні коефіцієнта передачі – $0,08 \div 0,15$ с; максимальна тривалість інтегральних імпульсів t_m при максимальному значенні коефіцієнта передачі – не менше $0,6$ с.

Усі виконання РС29М уніфіковані по габаритним розмірам і основним елементам конструкції. Прилад кожного виконання містить модуль регулювальний РО29, модуль вимірювальний ІУ012 чи ІТ012 і джерело живлення ИПС011, а виконання РС29.1 додатково модуль ІД011, що забезпечує генерування стабілізованого змінного струму трикутної форми для живлення диференційно – трансформаторних перетворювачів (ДТП), підсумовування сигналів від ДТП і перетворення отриманої суми у напругу постійного струму. Споживча потужність $18 \text{ В} \cdot \text{А}$. Зовнішній вигляд приладу та його габаритні розміри наведені на рис. 2.57. Індикатори і органи керування розташовані на передній панелі. Органи статичного і динамічного налаштування розташовані на правій боковій стінці. На лівій боковій стінці розташоване комутаційне поле з перемичками. Доступ до органів налаштування і перемичок забезпечується при частковому висуванні шасі з корпусу без порушення електричних з'єднань. Приєднання приладів РС 29 М до зовнішніх кіл здійснюється за допомогою 30 – ти гвинтових затискачів (див.рис.2.57 в), що розташовані із затуленого боку. Глибина приладу за щитом 295 мм. Розмір вирізу у щиті 55×155 мм. Маса не перевищує $3,5$ кг. Ймовірність безвідмовної роботи приладу за 2000 год складає $0,97$.

Виготовник – МЗТА (м. Москва). Приладобудівним підприємством України виготовляють прилади серії УКР, які за функціональними можливостями та характеристиками майже ідентичні приладам РС29М. Виготовник - ВАТ "Меридіан" ім. С.П. Корольова (м.Київ).

Прилади модифікацій РС 29.0 і РС 29.1 застосовуються у схемах автоматизації для роботи з первинними перетворювачами, що мають уніфіковані сигнали постійного струму чи сигнали взаємної індуктивності.

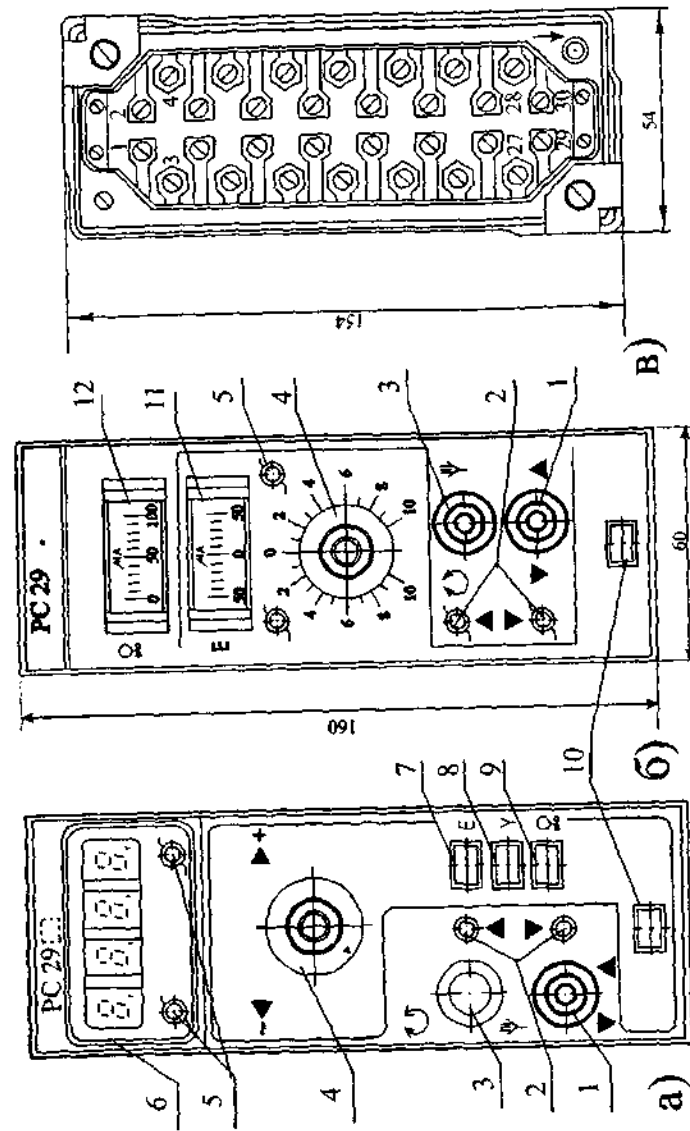


Рис. 2.57. Лицьова панель приладів з цифровим індикатором (а), стрілковими показниками (б) та розташування гвинтових затискачів для зовнішніх з'єднань (в): 1 - ключ ручного керування; 2 - світлові індикатори виходу ("більше", "менше"); 3 - перемикач керування ("автоматичне", "ручне"); 4 - орган зміни сигналу оперативного задання; 5 - світлові індикатори спрацювання аналого-релейного перетворювача; 6 - цифровий індикатор; 7, 8, 9 - кнопки виклику відповідно параметрів розузгодження, додаткового і положення виконавчого механізму; 10 - кнопка замка для висування шасі; 11, 12 - стрілкові індикатори сигналів розузгодження і положення виконавчого механізму.

Технічні характеристики для вхідних сигналів з відповідною комутацією переминок на комутаційному полі наведені у табл. 2.22, а для вихідних сигналів у табл. 2.23.

Таблиця 2.22. Діапазони зміни вхідних сигналів і вхідні опори приладів модифікацій РС 29.1.

Позначення входу (див. рис. 2.59)	Призначення входу	Діапазон зміни		Опір вхідний, Ом	Перемички ПК для даного входу (див. рис. 2.59)	
		номінальний	повний		знімаються	встановлюються
X1	Вхід вимірювального пристрою немасштабований	0-5 мА	(-5) ÷ 5 мА	до 250	-	-
X2	Вхід регулювального пристрою	0-10 В	(-10) ÷ 10 В	понад 10 ⁴	-	-
X3	Вхід задавального пристрою			понад 10 ⁶	-	-
X4	Вхід вимірювального пристрою	0-10 мГн	(-10) ÷ 10 мГн	понад 10 ⁴	-	7-8*
X5	Вхід для динамічного перетворення	0-10 В	(-10) ÷ 10 В	понад 10 ⁴	-	2-5* 2-3
X6	Вхід вимірювального пристрою масштабований	0-10 мГн	(-10) ÷ 10 мГн	понад 2*10 ³	-	9-12* 7-8*
		0-1 В	(-1) ÷ 1 В	9-12	6-9	6-9, 23-24
		0-20 мА	(-20) ÷ 20 мА			
X7	Вхід вимірювального пристрою масштабований	0-10 В	(-10) ÷ 10 В	понад 10 ⁴	9-12	6-9
X8	Вхід вимірювального пристрою масштабований	0-10 мГн	(-10) ÷ 10 мГн	понад 10 ⁴	-	7-8*

Примітка: * позначення переминок, що встановлені у приладі заводом – виготовником; у випадку коли вхід X4(X3) не використовується клемма 18(24) приладу з'єднується з клемою 4; а коли не використовуються всі входи X4, X6 і X8, поміж клемами 20 та 22 ставиться перемиčka.

Таблиця 2.23. Вихідні сигнали і параметри навантаження приладів модифікацій РС29.0 і РС29.1.

Позначення вихідного сигналу (див. рис. 2.58 і 2.59)	Призначення вихідного сигналу	Діапазон зміни		Навантаження		Примітка
		номінальний	повний	вид	параметри	
1	2	3	4	5	6	7
Z1	Імпульси пульсуючої напруги постійного струму для керування	0; 24 В	-	Активно-індуктивне	понад 100 кОм (індуктивне не обмежується)	При підключенні навантаження з внутрішнім джерелом
Z2	Імпульси напруги постійного струму	0; ±10 В	-	Активне	Понад 4*10 ⁴ Ом	Сигнал для зв'язку між приладами
Z3	Вихід аналого-релейного перетворювача (АРП)	Зміна стану вихідних контактів реле	-	Активне	0,25А і 36 В	Спрацьовування при вхідному сигналі понад βв*Uоп
Z4				Активно-індуктивне	0,15 А і 36 В	
				Активно-індуктивне	0,15 А і 36 В	
Z5	Вихід перетворювача показника положення	0-1 В	-	Активне	понад 2 кОм	-
Z6	Живлення диференціально-трансформаторних перетворювачів (ДТП)	12,5 мА	-	Від одного до трьох ДТП	-	Частота 400 Гц
ε	Сигнал розузгодження постійного струму	0-10 В	(-10) ÷ 10В	Активне	понад 10 кОм	-

Закінчення табл. 2.23.

1	2	3	4	5	6	7
$U_{оп}$	Опірна напруга постійного струму	+10 В	-	Активніс	понад 2 кОм	-
U	Диференціальне перетворювання в УД Аперіодичне перетворювання в УД	0-10 В	(-10) ±10 В		понад 10 кОм	Перемичка в ПК 13-16 Перемичка в ПК 13-14

Примітка: УД – пристрій динамічного перетворювання; параметри датчика показника положення (УП) – $R \geq 0,1 \text{ кОм}$, $P \geq 0,25 \text{ Вт}$; β_v , β_n – порогі спрацювання верхнього та нижнього каналів АРП.

Схеми для зовнішніх підключень приладів наведені на рис. 2.58 і 2.59.

Всі вхідні сигнали приладів подаються відносно загальної точки входу (клемма 4). У залежності від сполучення перемичок на ПК забезпечується можливість зміни функціональної структури приладу. ПК містить 24 клеми, які можуть з'єднуватись поміж собою за допомогою паяних перемичок. Перемички на ПК встановлюються тільки між сусідніми клемами горизонтально чи вертикально (крім перемички 4 – 8 ПК). У гніздо клеми може бути запаена тільки одна перемичка. Функціональне призначення і розташування клем ПК представлено у табл. 2.24, а на рис. 2.58 і 2.59 наведено положення перемичок ПК при випуску приладів із заводу.

Прилади РС 29.0 (див рис. 2.58) мають 9 входів для підключення сигналів постійного струму і напруги. Сигнал постійного струму X_1 (0-5 мА) може бути підключений на немасштабований вхід через клему 16 приладу. На вхід масштабатора α_1 через клему 12 приладу може бути підключений сигнал постійного струму X_6 , а за його відсутності – сигнал постійної напруги X_7 (0-10 В) через клему 10 приладу. При цьому необхідно встановити перемичку ПК6 і ПК9. Номінальний діапазон сигналу X_6 може становити: 0-5 мА – при підключенні внутрішнього шунта через перемички між клемами 12 – 22 приладу, ПК8 і ПК4; 0 – 20 мА – при підключенні внутрішнього шунта через перемичку ПК23 і ПК24; 4-20 мА – при підключенні зовнішнього шунта (64,2 Ом) на клеми 12-4 приладу.

За відсутності сигналу X_6 з номінальним діапазоном 0-5 мА на клему 22 приладу може бути підключений сигнал X_8 (0-10 В) за умов встановлення перемички ПК7 і ПК8. На вхід масштабатора α_2 через клему 14 приладу підключають сигнал X_9 при наявності перемички ПК20 – ПК21. Вид і номінальний діапазон його може бути: 0-1 В чи 0-20 мА – при наявності внутрішнього шунта через ПК22 – ПК23; 0-5 мА – при наявності зовнішнього шунта 203 Ом. Величина коефіцієнтів α змінюється від 0 до 1.

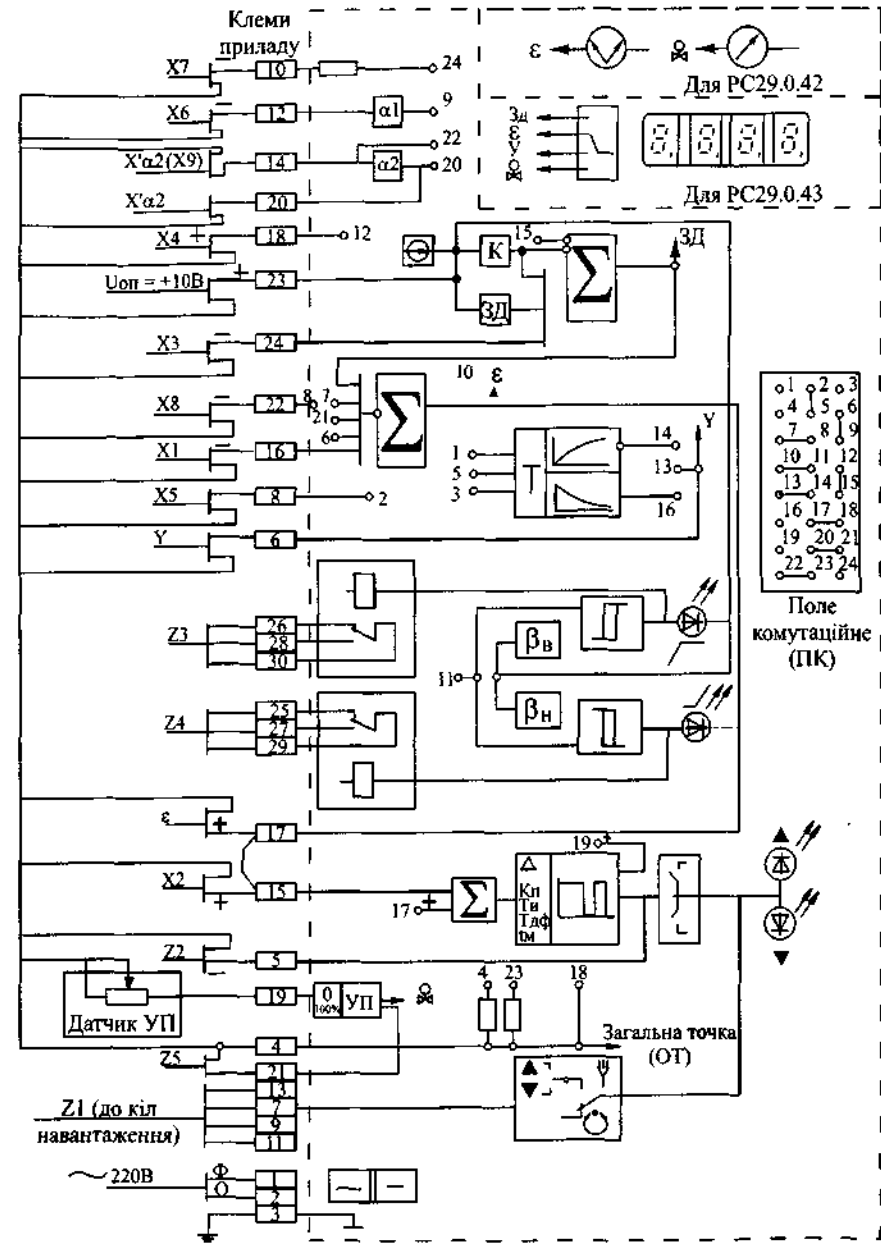


Рис 2.58 Схема підключень регульованого приладу РС29.0

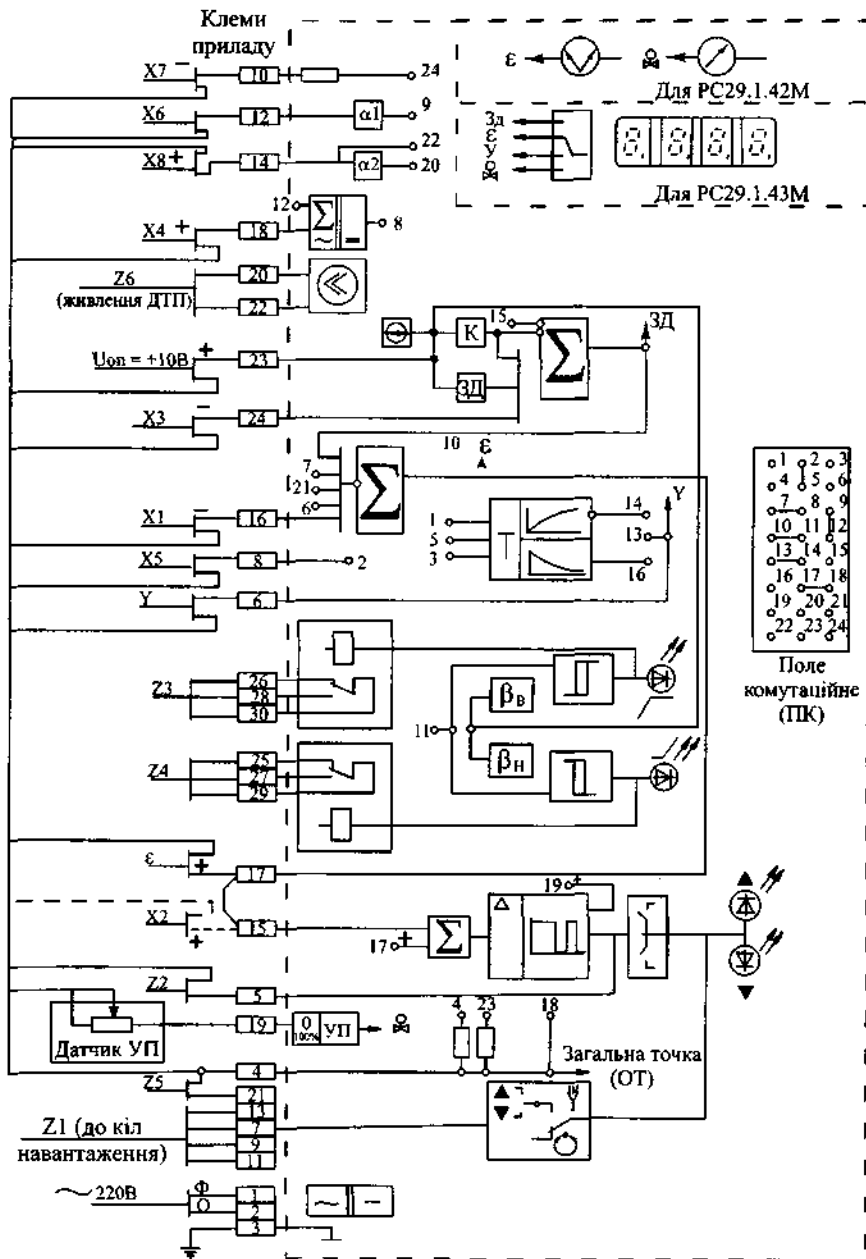


Рис 2.59 Схема підключень регульованого приладу РС29.1

Таблиця 2.24. Функціональне призначення і позначення клем ПК.

Номер клем	Призначення	Номер клем	Призначення	Номер клем	Призначення
1	Вхід 0-10 В до УД	2	Вхід УД від входу Х5 приладу	3	Вхід 0-10 В до УД
4	Шунт для забезпечення сигналу 0-5 мА	5	Вхід 0-5 мА до УД	6	Вхід 0-1 В на підсумовувач
7	Вхід 0-10 В на підсумовувач	8	Клема 22 приладу. Вихід модуля ИД	9	Вихід масштабатора $\alpha 1$
10	Вихід 0-10 В сигналу розузгодження	11	Вхід 0-10 В АРП	12	Клема 18 приладу. Вхід ИД
13	Клема 6 приладу	14	Вихід U_a перетворення за А-законом	15	Вихід 0-10 В
16	Вихід Уд перетворення за Д-законом	17	Вхід регульовального модуля	18	Загальна точка
19	Вхід регульовального модуля	20	Вихід масштабатора $\alpha 2$	21	Вхід 0-1 В на підсумовувач
22	Вхід масштабатора $\alpha 2$	23	Шунт для забезпечення сигналу 0-20 мА	24	Вхід 0-20 мА

Примітка: неприпустиме з'єднання клем 7 і 10 ПК.

Сигнал постійної напруги Х4 (0-10 В) підключають через клему 18 приладу, як інверсний відносно сигналів на вході вимірювального пристрою за умов наявності перемички ПК12 – ПК15. Сигнал постійної напруги корегуючий інверсний Х3 (0-10 В) можливо підключати через клему 24 приладу. За відсутності сигналу Х3 клему 24 з'єднують з клемою 4. Клему 18 приладу іноді використовують як вихід масштабатора $\alpha 1$ за відсутності сигналів Х4, Х6 і Х7. При цьому встановлюють перемичку ПК9 – ПК12.

Зовнішній задавач ЗУ11 з діапазоном зміни сигналу 100% відносно номінального входного сигналу підключають до клем 4, 23 і 24 (середня точка) за відсутності сигналу Х3. При інверсному включенні ЗУ11 може бути з'єднаний з клемами 23, 4 і 18 (середня точка) за відсутності сигналу Х4 і наявності перемички ПК12 – ПК15. На вхід пристрою динамічного

перетворення УД через клему 8 приладу може бути поданий сигнал розузгодження ϵ для вводу диференційної складової у закон регулювання, що передбачає з'єднання клем 8-17 приладу та перемичок ПК16 - ПК19 і ПК2 - ПК5. Прилад може здійснювати аналого-релейне перетворення сигналу ϵ за умов встановлення перемички ПК10 - ПК11. З'єднання перемичок ПК11 - ПК14 забезпечує підключення на вхід АРП виходу аперіодичної ланки УД, а перемичок ПК11 - ПК12 забезпечує підключення через клему 18 приладу аналогового сигналу 0-10 В.

Прилади РС 29.1 розраховані на підключення від 1-ого до 3-х ДТП (див.рис.2.60).

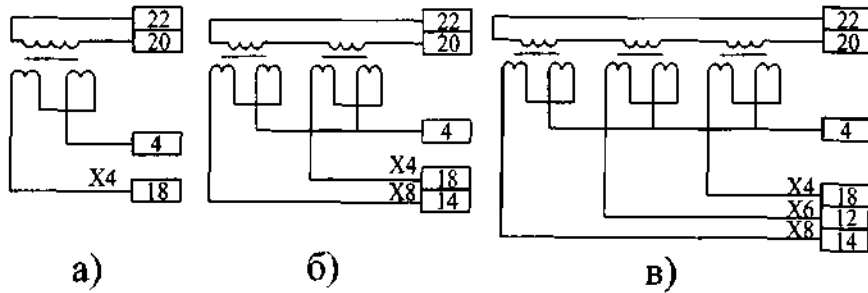


Рис. 2.60. Схеми підключення диференційно-трансформаторних перетворювачів (ДТП) до приладів: а - одного; б - двох; в - трьох.

Первинні обмотки усіх ДТП включені послідовно і живляться змінним струмом, що надходить з клем 22 і 20. При підключенні сигналів від трьох ДТП повинна встановлюватись перемичка ПК8 - ПК7. Замість сигналу від ДТП через клему 12 можуть бути подані сигнали: 0-1 В - при наявності перемички ПК6 - ПК9; 0-20 мА - при наявності перемички ПК6 - ПК9 і підключенні шунта через ПК23 - ПК24. За відсутності сигналу Х6 на вхід масштабатора $\alpha 1$ може бути поданий сигнал Х7 (0-10 В) через клему 10 приладу. Сигнал Х1 (0-5 мА) підключається на немасштабований вхід через клему 16 приладу, а сигнал Х3 (0-10 В) - через клему 24 приладу. У разі відсутності сигналу Х3 клему 24 з'єднують з клемою 4. Сумарний сигнал від ДТП з виходу ИД може бути поданий через ПК5 - ПК8 на вхід УД. Зовнішній задавач ЗУ11 підключають ідентично модифікації РС29.0.

Прилади розраховані на підключення одного реостатного датчика положення (УП) виконавчого механізму (див. рис. 2.58, 2.59). Вихідний сигнал УП (0-1 В) виведений на клему 21 приладу і може використовуватись

для формування П-закону регулювання.

Вихідні сигнали приладів РС29.0 і РС29.1 та їх характеристики наведені у табл. 2.23. Основний вихід Z1 забезпечує управління пусковим пристроєм ИМ за трипровідною схемою, варіанти підключення яких представлені на рис. 2.61.

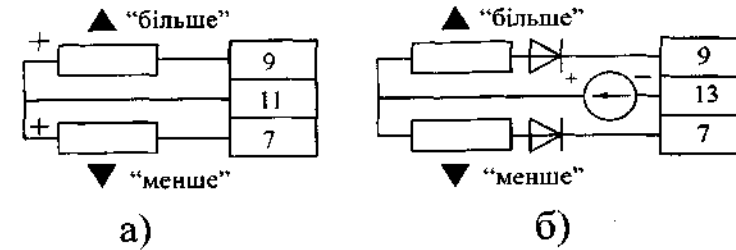


Рис. 2.61. Схеми підключення пускового пристрою: а - з внутрішнім джерелом живлення; б - із зовнішнім джерелом живлення.

За допомогою тиристорного підсилювача У29 прилад може здійснювати керування виконавчими механізмами МЭО, ЕСПА - 02ПВ і електромагнітним пускачем ПМЕ. У якості пускових пристроїв можна також використовувати пускачі У23, ПБР - 2М, реле РП - 21.

На виході Z2 формуються двополярні імпульси напруги постійного струму для динамічного зв'язку поміж регуляторами. Припустиме одночасне використання виходів Z1 і Z2. Вихідний сигнал розузгодження ϵ вимірювального модуля ИУ012 надходить на вхід регулювального модуля РО29 через перемичку між клемами 15 і 17 приладу. На клемі 6 і 4 приладу може бути виведений сигнал У з виходу диференційної ланки УД за наявності перемички ПК13 - ПК16, чи з виходу аперіодичної ланки УД за наявності перемички ПК13 - ПК14.

Виходи Z3 і Z4 (кlemi 26, 28, 30 і 25, 27, 29) - становлять собою перемикаючі контакти вихідних реле приладу, режими комутації для яких зведені до табл. 2.23. Опір на напруга $U_{оп}$ (кlemi 23 і 4 приладу) використовується для живлення зовнішніх задавальних пристроїв (ЗУ11).

Прилади модифікації РС 29.3 застосовуються у схемах автоматизації для роботи з первинними перетворювачами, що мають уніфіковані сигнали постійного струму (напруги) чи сигнали термоЕДС. Технічні характеристики вхідних сигналів з відповідною комутацією перемичок на ПК наведені у табл. 2.25, а для вихідних сигналів - у табл. 2.23 (вихід Z6 відсутній). Схема підключення приладу РС 29.3 наведена на рис. 2.62. При цьому полярність сигналів, що вказана на схемі, відповідає напрямку дії приладу у бік „менше”.

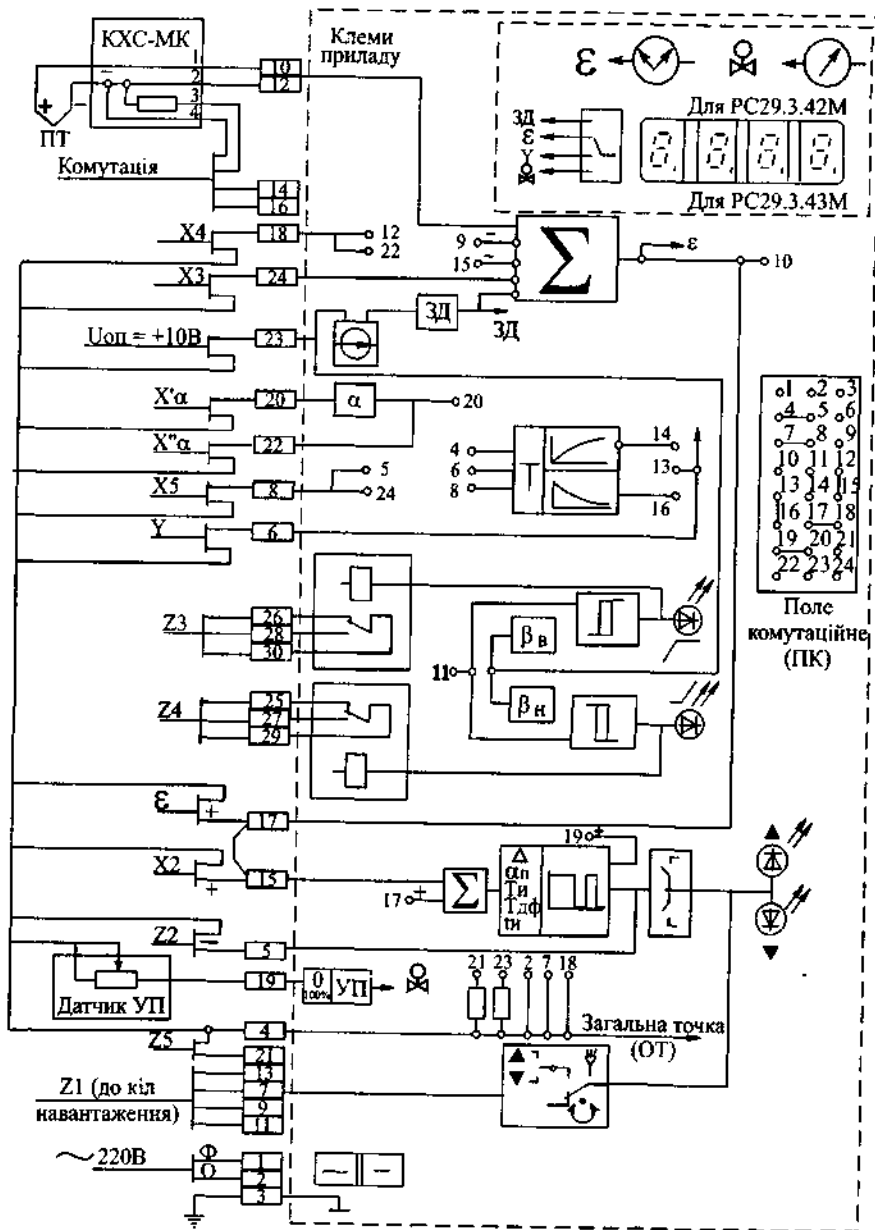


Рис.2.62. Схема підключень регулювального приладу РС29.3

Таблиця 2.25. Діапазони зміни вхідних сигналів і вхідні опори для приладів модифікації РС 29.3.

Позначення входу (див. рис. 2.62)	Призначення входу	Діапазон зміни		Опір вхідний, Ом	Перемички ПК для даного входу (рис.2.62)	
		номинальний	повний		Знімаються	Встановлюються
X1	Вхід від термоелектричного перетворювача	0-10 мВ	0-50 мВ	понад 10^4	(див. рис. 2.63)	
X2	Вхід регулювального модуля	0-10 В	(-10)÷10 В		-	-
X3	Вхід вимірювального модуля	0-5 мА	(-5)÷5 мА	до 250	12-15	9-12, 22-23
X4				Вхід аналого-релейного перетворювача	0-10 В	(-10)÷10 В
X5	Вхід пристрою динамічного перетворення	0-5 мА	(-5)÷5 мА	до 250	**	**
				понад $4 \cdot 10^4$	4-5*	5-6*
					4-5, 7-8	5-8, 21-24

Примітка: **комутація ПК наведена на рис. 2.62; * вхід 6 на ПК інверсний відносно входу 4 на ПК.

Прилад розрахований на підключення одного термоелектричного перетворювача (ПТ) з НСХ, що вказані у табл. 2.20.

Перетворювач ПТ (вхід X1) підключається до клем 1,2 модуля компенсації КХС-МК за допомогою компенсаційного проводу. Положення перемичок ПК при підключенні ПТ з різними НСХ наведені на рис. 2.63. На вхід X4 приладу (кл. 18-4) може бути поданий уніфікований сигнал постійного струму, а на вхід X3 приладу (кл. 24-4) – сигнал зовнішнього потенціометричного задавача за схемою ідентичного приладу РС29.1. Невикористані входи X3, X4, X5 залишаються вільними.

Комутація ПК, що здійснена при випуску приладу виготовником (рис.2.62.), забезпечує використання: пристрою УД - для формування диференціальної складової ПІД-закону регулювання; масштабатора - для масштабування величини диференційної складової ПІД - закону регулювання; аналого-релейного перетворювача (АРП) - для сигналізації межових відхилень регулюемого параметра від завдання. В останньому випадку

додатково необхідно з'єднати перемичками клеми 8-17 і 6-20 приладу. Комутація ПК і клемника приладу для інших варіантів використання УД, АРП і масштабатора α представлена у табл. 2.26 і 2.27.

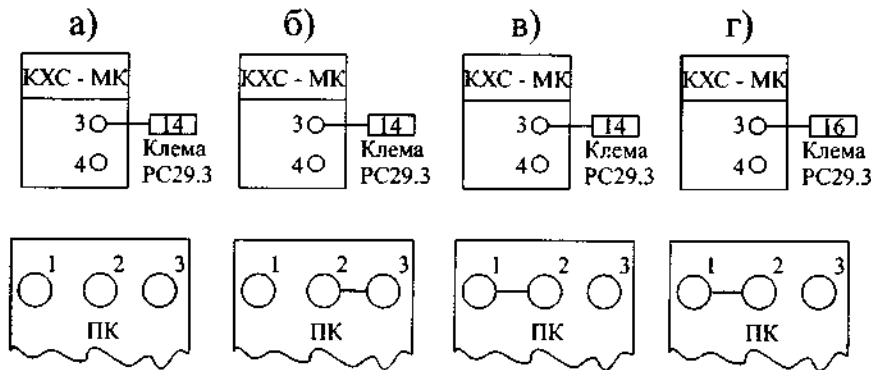


Рис. 2.63. Схеми підключення модуля КХС-МК і комутація ПК у залежності від НСХ термопари: а - ХХ(Л); б - ХА(К); в - ПП(С); г - ПР(В).

Таблиця 2.26. Підключення пристрою динамічного перетворення УД приладу РС 29.3.

Функціональна дія УД	Перетворений сигнал	Вихідний сигнал	Перемички на ПК		Перемичка на клемнику приладу, що встановлюється
			знімаються	встановлюються	
1	2	3	4	5	6
Увід диференційної складової у закон регулювання **	ϵ	-	13-16, 19-20	16-19	8-17
Увід аперіодичного впливу на вхід регулювального пристрою **	X5	-	17-18, 18-20	14-17 або 16-17	-
Увід аперіодичного впливу на ведений приклад	Z2	У	13-15 4-5	13-14 5-6	5-20 8-22
Динамічне перетворення сигналу	X5	У	див. табл. 2.25 і 2.23		-

Закінчення табл. 2.26.

1	2	3	4	5	6
Демпфірування сигналу на вході вимірювального пристрою *	X5	12-15 13-16 19-20	14-15	-	-
Аналого-релейне перетворення з демпфіруванням вхідного сигналу *	X5	Z3 Z4	10-11 13-16	11-14	-
Сигналізація перевищення заданої "скважності"	Z2	Z3 Z4	10-11 13-16	11-14	5-8
Примітка: * підключення X5 наведено у табл. 2.25; ** виконання тієї ж самої функції з масштабуванням наведено у табл. 2.27.					

Регулювальні прилади серії УКР за призначенням, функціональними можливостями, конструктивними характеристиками ідентичні приладам модифікації РС 29, але можлива реалізація спільно з виконавчим механізмом постійної швидкості лише ПП – закону регулювання. Крім того, відсутня ПК для зміни функціональної структури. Схема для зовнішніх з'єднань одного з приладів цієї серії (УКР 01.1.12) наведена на рис. 2.64, а підключення датчиків ДТП, положення УП, термоопору ТС, навантаження до виходу Z1 і зовнішнього потенціометричного задавача – на рис. 2.65.

Таблиця 2.27. Підключення масштабатора α ($R \geq 2$ кОм)

Функція масштабатора	Сигнал, що масштабується	Вхід, що використовується	Перемички на ПК		Перемички на клемнику приладу, що встановлюються
			Знімаються	Встановлюються	
1	2	3	4	5	6
Масштабування диференційної складової закону регулювання *	У	X' α	-	-	8-17 6-20
Масштабування зовнішнього сигналу на вході регулювального пристрою	0-10 В	X' α	19-20 17-17	17-20	-

Закінчення табл. 2.27.

1	2	3	4	5	6
Масштабування сигналу до входу Х4**	0-10 В	X'α	19-20	-	18-22
	0-5 мА	X''α	19-20 12-15	9-12 20-23	18-20
Масштабування сигналу до входу Х2 динамічного перетворювача ***	0-10 В	X'α	19-20 4-5	5-6	8-22
	0-5 мА	X''α	19-20 4-5 7-8	5-8 20-21	8-20
Масштабування сигналу на виході динамічного перетворювача ***	У	Х5	17-18 19-20	13-16 (чи 13-14) 17-20	6-20

Примітка: * комутація ПК наведена на рис. 2.62; ** рекомендується для вводу зовнішнього додаткового сигналу; *** рекомендується для формування динамічного зв'язку між приладами.

2.5. ПІДСИЛЮВАЧІ ПОТУЖНОСТІ.

Пусковий пристрій (пускач) безконтактний реверсивний типу ПБР – 2М призначений для керування електричним ІМ з однофазним конденсаторним електродвигуном. Принцип дії пускача оснований на використанні безконтактних напівпровідникових ключів, побудованих на семісторах. Усі елементи пускача розміщені у металевому литому корпусі. На печатній платі розташовані клемна колодка, трансформатори, семістори та інші елементи електричної схеми.

Живлення здійснюється від мережі змінного струму 220 В частотою 50 або 60 Гц. Споживча потужність 10 В*А. Вхідний сигнал керування 24 ± 6 В, вхідний опір не менше 0,75 кОм, максимальний комутуємий струм 4А. Схема зовнішніх з'єднань наведена на рис. 2.66.

Пускач має можливість монтажу (під гвинти) у будь-якому положенні. Для захисту пускача від коротких замикань на виході, живляча мережа повинна підмикатися через запобіжники (ПК 45-5А). Заземлення здійснюється дротом перерізом не менше 4 мм². Температура навколишнього повітря має бути у межах $(-10) \div 55^\circ\text{C}$ при відносній вологості до 80%. Габаритні розміри і маса відповідно: 90x240x250 мм і 4,5 кг.

Виготовник – ВО "Електроприбор" (м. Чебоксари)

Пускач безконтактний реверсивний типу ПБР-3А призначений для безконтактного керування електричними ІМ, у приводі яких використані трифазні електродвигуни потужністю до 1,1 кВ*А. За принципом дії і конструктивним оформленням майже ідентичний попередньому.

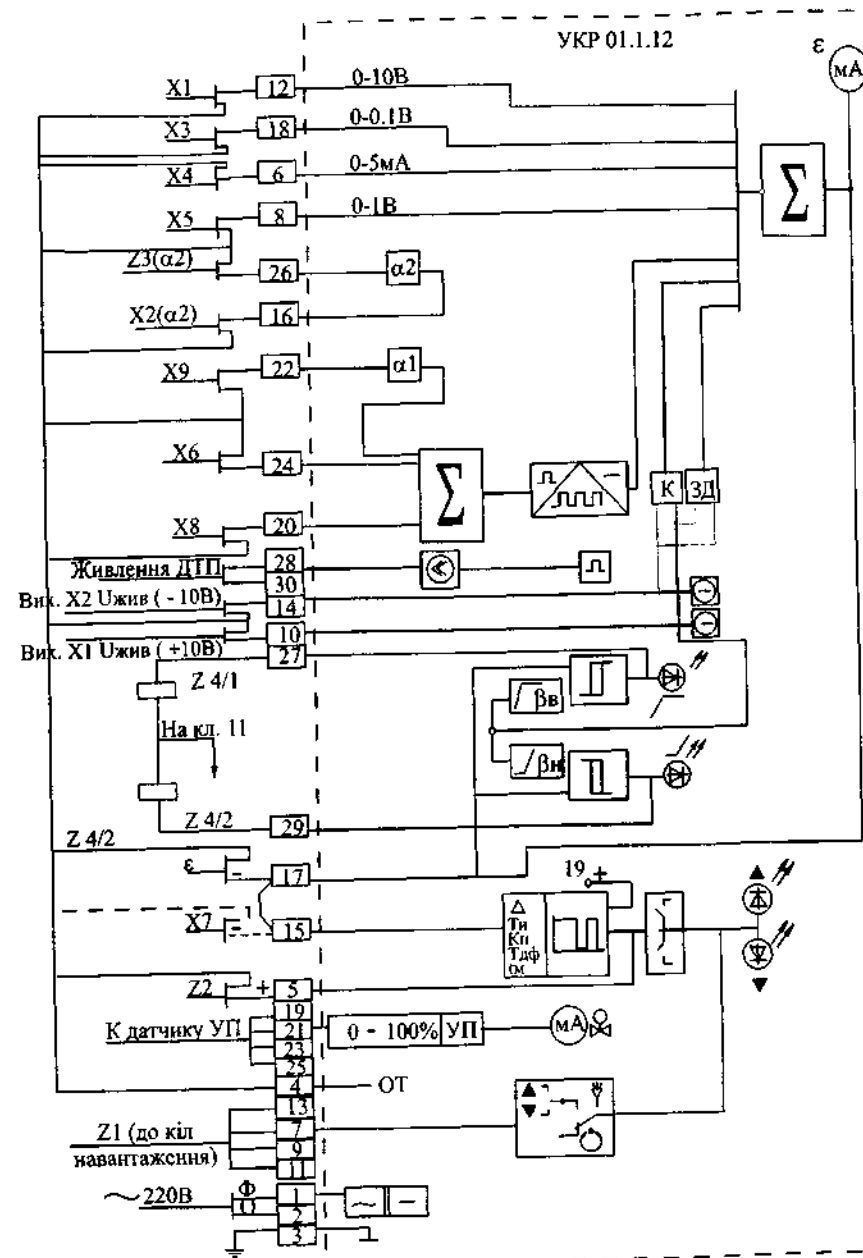


Рис 2.64. Схема підключень приладу УКР01.1.12

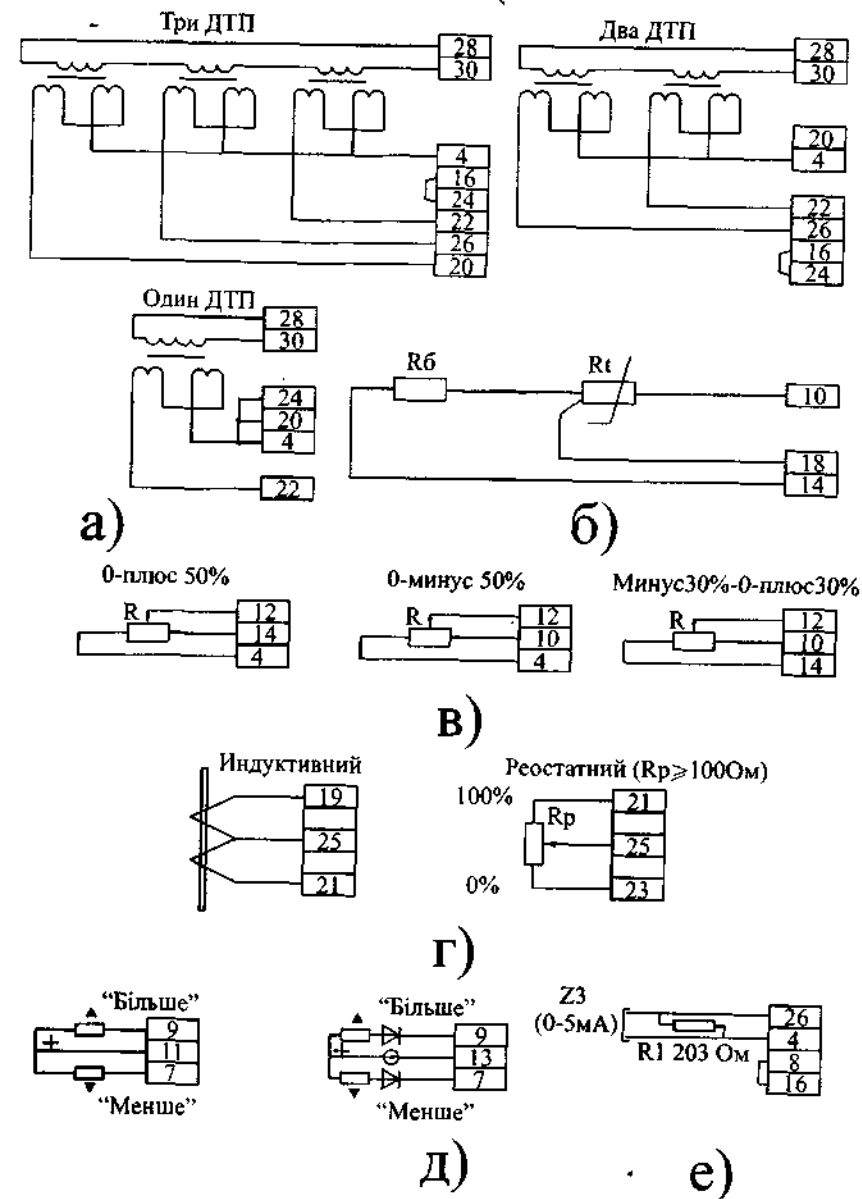


Рис.2.65. Схеми підключень датчиків ДТП (а), термоопору ТС (б), зовнішніх задавачів ЗУП з відповідним діапазоном завдання (в), показчиків положення виконавчого механізму УП (г), навантаження до виходу Z1 (д) і для забезпечення масштабування з виходом струмового сигналу (е).

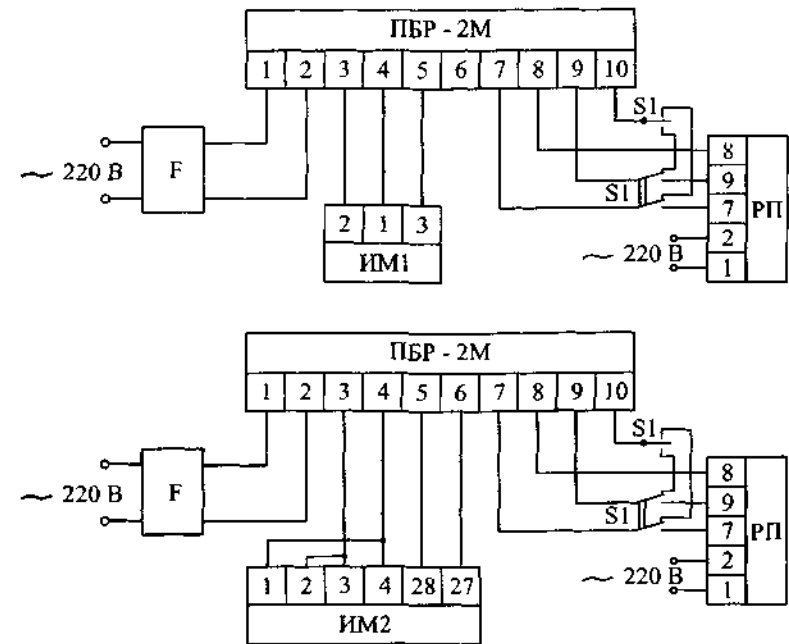


Рис. 2.66. Схема зовнішніх з'єднань пускового пристрою ПБР-2М з електричними виконавчими механізмами: F- автомат захисту типу АП 50; S1 перемикач дистанційного керування; S2 перемикач режиму керування (автоматичне, дистанційне); ИМ1 виконавчий механізм МЭП (МЭО, МЭМ) з механічним гальмуванням; ИМ2 виконавчий механізм МЭО з електромагнітним гальмуванням; РП регулювальний прилад (РП-4, РБИ).

Живлення здійснюється від трифазної мережі змінного струму напругою 380 В і частотою 50 чи 60 Гц. Споживча потужність 10 В*А. Вхідний сигнал керування 24±6 В, вхідний опір 0,75 кОм, максимально комутуємий струм 3А. Схема зовнішніх з'єднань пускача наведена на рис. 2.67.

Заземлення здійснюється дротом перерізом не менше 3 мм². а для захисту від коротких замикань живляча мережа підмикається через запобіжники (ПК45-5А). Температурні умови застосування ідентичні попередньому пускачу. Габаритні розміри і маса відповідно: 90x240x210 мм і 3,5 кг.

Виготовник – ВО “Електроприбор” (м. Чебоксари)

Підсилювач трипозиційний типу У24 здійснює підсилення потужності і безконтактне перетворення вхідних сигналів постійного струму у керуючу синхронним електродвигуном трифазну напругу з прямою чи ревер-

рсивною послідовністю фаз у залежності від комбінації вхідних сигналів і попереднього стану підсилювача, а також формує постійний струм на виході для динамічного гальмування електродвигуна.

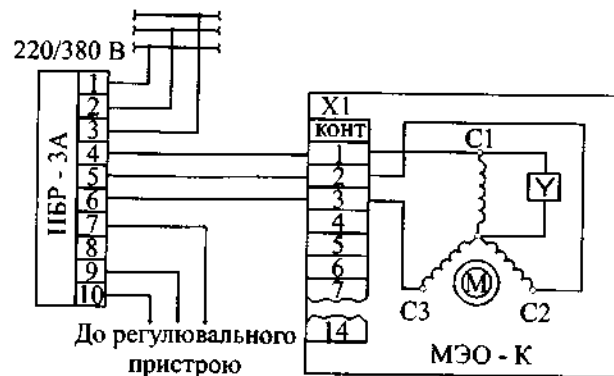


Рис. 2.67. Схема зовнішніх з'єднань пускача типу ПБР-3А.

Підсилювач також забезпечує: заборону на пуск електродвигуна в один чи обидва боки одночасно; сигналізацію про перевантаження електродвигуна ИМ; періодичне чи постійне відключення електродвигуна ИМ при перевантаженні; захист ИМ від миттєвого реверсу; переважне відпрацьовування сигналів ручного керування; живлення регуляторів МИНИ-ТЕРМ і ручного керування ИМ; регулювання тривалості гальмуючого впливу у діапазоні 0 – 0,1 с; захист системи регулювання за наявності сумарних команд управління (одночасне надходження вхідних сигналів).

Конструктивно підсилювач складається з двох самостійних блоків: блоку керування УО24У і пускового блоку УО24П, які з'єднані поміж собою кабелем з роз'язттям. Блок пусковий призначений для комутації двох фаз кіл живлення електродвигуна. При вмиканні парних чи непарних симісторів здійснюється пуск електродвигуна в один чи інший бік. Блок керування містить модуль керування МУ і модуль живлення ИПС 24. При цьому модуль МУ забезпечує логічну обробку сигналів і формування послідовностей імпульсів для відпирання симісторів у пусковому пристрої. Живлення МУ здійснюється напругою 15 В і нестабілізованою напругою 27 В.

Призначення вхідних сигналів логічних (одиниці і нуля), а також сигналів примусового пуску і заборони пуску з позначенням цих сигналів у відповідності зі схемою зовнішніх з'єднань підсилювача (див. рис. 2.68) представлені у табл. 2.28.

Таблиця 2.28. Технічні характеристики вхідних сигналів підсилювача У24.

Позначення входу (клеми)	Призначення входу	Значення вхідного сигналу		
		Мінімальне	Номінальне	Максимальне
q16 (9,8) q1м (7,8)	Керування від регулювальних приладів з імпульсним виходом за трипровідною схемою. Сигнали керування: -логічної одиниці -логічного нуля	-18 В -	-24 В 0	-36 В -5 В
q2 (18*, 8)	Керування від регулювальних приладів з імпульсним виходом за двопровідною схемою. Сигнали керування: -логічної одиниці -логічного нуля	±9,5 В -	±10 В 0	±36 В ±3 В
q3(19*, 8)	Керування від регулювальних приладів з імпульсним виходом за двопровідною схемою (реверсивне по відношенню до входу 2). Сигнали керування: -логічної одиниці -логічного нуля	±9,5 В -	±10 В 0	±36 В ±3 В
qпв (15,8) qпм (14, 8)	Примусовий пуск. Сигнали керування: -логічної одиниці -логічного нуля	- -	З Р	- -
q06 (17, 8) (17, 6) q0м (16, 8) (16, 6)	Заборона пуску у бік "більше", у бік "менше" чи у обидва бока одночасно. Сигнали керування: -логічної одиниці -логічного нуля	- -	З Р	- -

Примітка: клеми, помічені зіркою, відносяться до роз'єму 1 X1 блока УО 24У, а інші клеми належать клемнику блока УО24П; вхідні опори підсилювача по входу q1 повинні бути не менше 1 кОм, а по іншим входам – не менше 10 кОм; З і Р – відповідно замикання і розмикання ключа (клеми).

Вихідні сигнали підсилювача залежать від його виконання і мають наступні показники: трифазна напруга змінного струму для пуску і постійний струм для гальмування електродвигуна потужністю від 0 до 0,4 кВт (виконання У24.10, У24.11) чи від 0 до 1,1 кВт (виконання У24.20,

У24.21) при з'єднанні його обмоток за схемою зірки та відповідно електродвигуна потужністю від 0 до 0,27 кВт чи від 0 до 0,6 кВт при з'єднанні його обмоток за схемою трикутника; зміна стану безконтактного ключа для сигналізації про перевантаження електродвигуна потужністю від 0,12 до 0,4 кВт (виконання У24.11) чи від 0,12 до 1,1 кВт (виконання У24.21). Комутаційна здатність ключа для постійного струму: напруга 4 – 40 В, струм 2 – 150 мА.

Підсилювач припускає роботу з числом вмикань до 630 за годину при тривалості (ПВ) вмикань до 25%, а протягом 0,02 с витримує короткі замикання у навантаженні. Живлення підсилювача здійснюється від трифазної мережі 380 В, а на замовлення може бути поставленим з живленням від трифазної мережі 220 В частотою 50 чи 60 Гц.

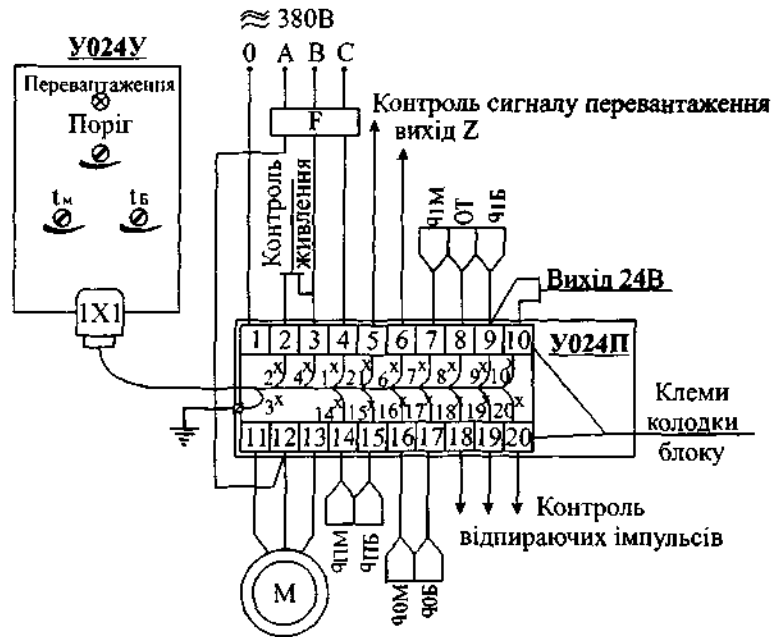


Рис.2.68. Схема зовнішніх з'єднань підсилювача У24: F – автомат захисту АП 50-3МТ; М – трифазний асинхронний електродвигун виконавчого пристрою; ОТ – загальна точка; ІМ і ІБ – потенціометри для налаштування тривалостей гальмуючих впливів; ПОРІГ – потенціометр для налаштування порога спрацювання (вмикання, вимикання) електродвигуна; (* помітка у оконцювачів 2 – 10, 14 – 20 з'єднувального кабеля, вказує на номер контактів роз'єму ІХ1 блока У024У).

Автомат захисту (див. рис.2.68) повинен бути розрахований на відключення струму короткого замикання величиною від 300 до 500 А за час, що не перевищує 0,02 с. Основний вхід підсилювача q1 (клеми 7, 8, 9) призначений для підключення до регульовальних приладів з вихідними сигналами двохполуперіодного постійного струму за трипровідною схемою. Входи q2 (клеми 18*, 8) і q3 (клеми 19*, 8) призначені для підключення до регульовальних приладів з вихідними сигналами згладженого постійного струму за двопровідною схемою. Ці ж клеми можуть бути використані для підключення до регульовальних приладів згладженого постійного струму за трипровідною схемою з негативною чи позитивною полярністю на клемі 8 (загальна точка).

Регульовальні прилади по входам підсилювача можуть підключатися через блок керування релейний БУ21. При цьому для ручного керування використовується вихід вмонтованого джерела підсилювача: клемка 10, якщо керування здійснюється негативними сигналами відносно загальної точки; клемка 20*, якщо керування здійснюється позитивними сигналами відносно загальної точки.

У підсилювачі передбачений вхід qп (клеми 14, 15) електродвигуна. При замиканні ключа, що з'єднує клему 20* з клемою 14 (15) підсилювач примусово пускає електродвигун у бік "менше" ("більше"), незважаючи навіть на наявність команди протилежного сенсу на вході q1. За наявності суперечливих команд на входах підсилювач не дозволяє забезпечувати пуск електродвигуна у будь-який бік. Для заборони пуску електродвигуна у підсилювачі передбачений вхід q0 (клеми 16, 17), який рекомендовано використовувати у комплекті з кінцевими вимикачами ІМ. За наявності команди заборони на пуск електродвигуна у який-небудь бік підсилювач виключає можливість пуску двигуна у цей бік, незважаючи на відповідні команди пуску, що існують на інших входах підсилювача. Вихід підсилювача Z (клемка 6) можна з'єднувати з входом q0 (замикання клем 6, 16 і 6, 17 чи 6, 16, 17). При цьому підсилювач буде вимикати електродвигун не тільки при наявності сигналу q0, але і забезпечить, з метою попередження виходу електродвигуна з ладу, його відключення при виході на упор чи заклинюванні регульовального органу, а також при обриві фази живлення двигуна. Схема з'єднання підсилювача з регулятором серії МИНИТЕРМ наведена на рис. 3.10.

Споживча потужність підсилювача – 15 ВА, а маса – 5 кг. Габаритні розміри (мм): блока У024У – 190х60х165; блока У024П – 190х60х210.

Виготовник – МЗТА (м. Москва).

Підсилювач трипозиційний типу У300 здійснює підсилення потужності вхідних сигналів постійного струму для реверсивного керування однофазним електродвигуном чи для керування електромагнітними пусковими пристроями та формують напругу постійного струму для живлення

зовнішніх кіл. Крім того, забезпечують гальванічний розділ вхідних і вихідних сигналів, а також формують паузу (понад 0,05 с) між моментами замикання і розмикання ключів при миттєвому перемиканні сигналів на входах, запобігають включенню ИМ при замиканні входу "заборона" на загальну точку підсилювача та виключають замкнений стан ключів при одночасному надходженні на входи підсилювача сигналів логічної одиниці "більше" і "менше".

Підсилювач містить модуль керування УО30У, пусковий модуль УО30П і вузол живлення УП (див.рис.2.69). Габаритно-монтажні розміри підсилювача наведені на рис. 2.70.

Вхідними сигналами підсилювача є сигнали двохполуперіодної напруги постійного струму у діапазоні $(0 \div 10)$ і $(18,5 \div 28,5)$ В чи сигнали напруги 0 і 24 В від внутрішнього джерела живлення підсилювача. Вхідний опір по кожному входу (окрім входу заборони) – не менше 160 Ом. Комутаційна здатність ключа для входу заборони: постійний струм величиною понад 1 мА і напруга – понад 15 В.

Максимальні значення змінних струму і напруги, що комутують вихідні ключі підсилювача складають відповідно 4А і 250 В з тривалістю неперервних включень до 2 с. При тривалостях неперервних включень до 100 с комутуваний струм не повинен перевищувати 2А, а при комутації струму до 0,8 А ця тривалість не обмежується.

Схеми підключення підсилювача до регульовальних приладів МИНИТЕРМ і РС29М наведені на рис.3.11 і 2.71 а. До регульовальних приладів, що не мають умонтованої станції управління, підсилювачі У300 повинні підмикатись через блок керування БУ21 (рис.2.71 б). Приклади підключення різних виконавчих пристроїв до підсилювача У300 наведені на рис. 2.72.

Підсилювачі монтуються на вертикальних або горизонтальних панелях за допомогою чотирьох гвинтів. Електричні з'єднання з іншими елементами АСР виконуються кабельними зв'язками. Високовольтні кола, як і вхідні кола, повинні бути проложені окремим кабелем. Споживча потужність - 9 ВА. Маса підсилювача – 2,5 кг.

Виготовник – МЗТА (м. Москва).

Підсилювач потужності трипозиційний У29.3М призначений для реверсивного керування однофазними синхронними електродвигунами виконавчих механізмів чи керування електромагнітними пусковими пристроями. Вихідний сигнал – зміна стану трьох безконтактних ключів, що керуються вихідними сигналами регульовальних приладів РС29.М, Р27, ПРОТАР та ін. Забезпечує захист АСР від спрацьовування підсилювача у разі виникнення на його входах суперечливих команд керування ("більше", "менше") і формування паузи між моментами розмикання і замикання ключів при миттєвій зміні сигналів на вході.

Технічні характеристики вхідних і вихідних сигналів та габаритні розміри ідентичні блоку У300. Маса підсилювача – 1,5 кг.
Виготовник – МЗТА (м. Москва).

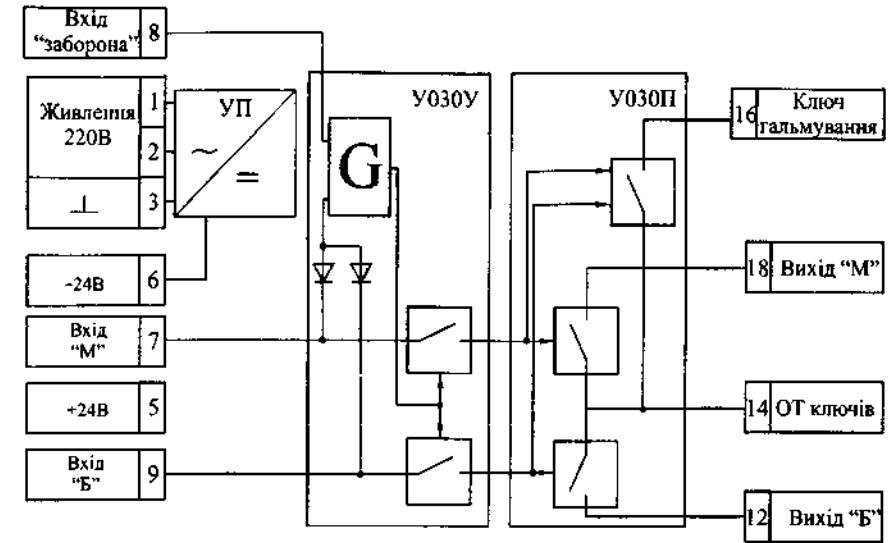


Рис. 2.69. Схема функціональна підсилювача У300.

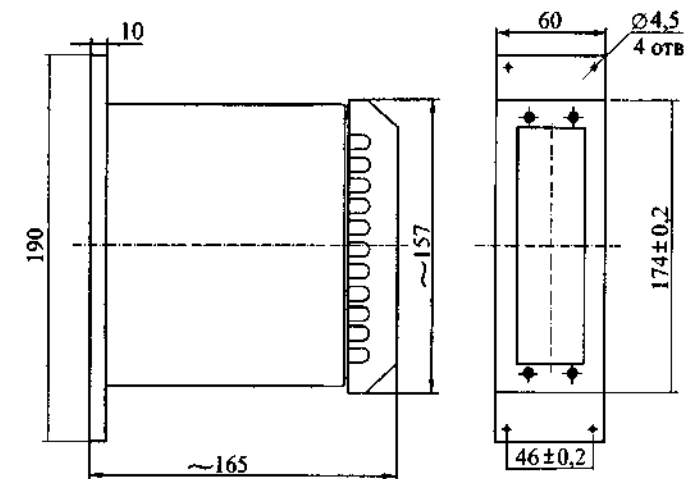


Рис. 2.70. Габаритно-монтажні розміри підсилювача У300.

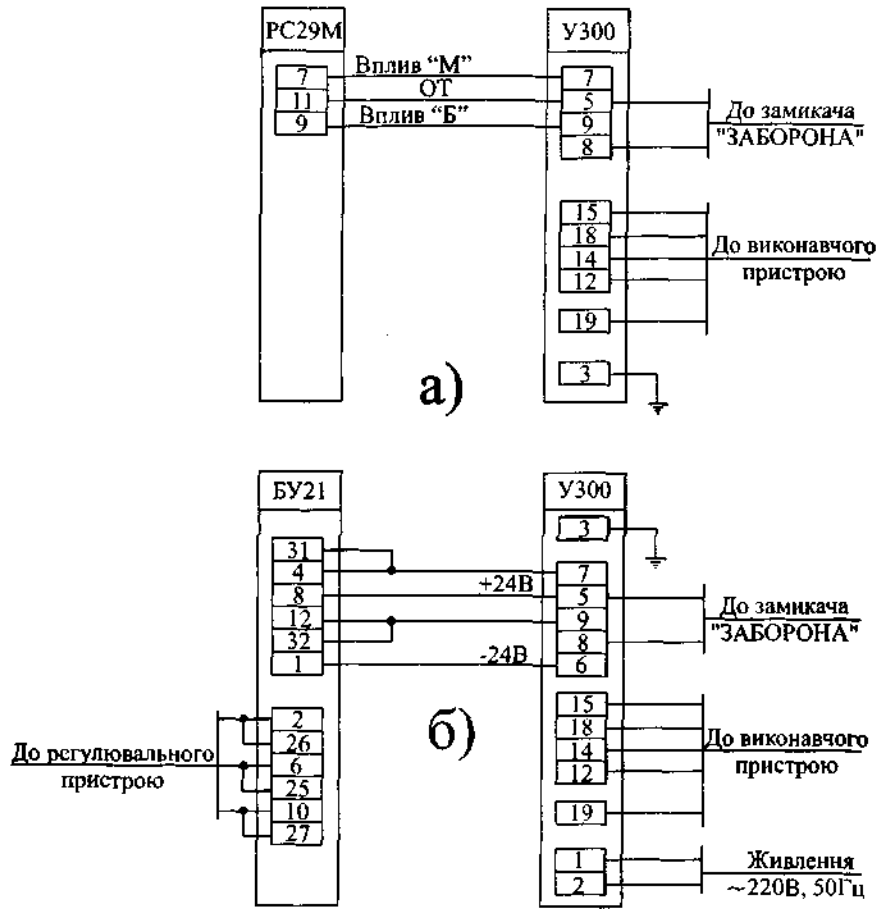


Рис. 2.71. Схеми підключення підсилювача У300 до регулювальних пристроїв з вмонтованою станцією керування (а) та із застосуванням блоку БУ21 (б).

Підсилювачі потужності У330, У330.Р2 призначені для реверсивного керування однофазними синхронними електродвигунами малої потужності і забезпечують захист системи регулювання від суперечливих команд управління живлення регуляторів серії МИНИТЕРМ 400 напругою постійного струму 24 В від вмонтованого джерела та гальванічний розподіл вихідних кіл від вхідних.

Вхідні сигнали – нормально розімкнені контакти, що керуються "сухими" ключами регулятора. Вихідні сигнали: зміна стану безконтактних

ключів комутаційною здатністю по напрузі до 250 В і струму до 0,5 А; зміна стану контактів двох електромагнітних реле РП21, одне з яких має один контакт для замикання, друге – один перемикаючий контакт (тільки у підсилювачі У330.Р2). Підсилювач У330.Р2 додатково містить два вмонтованих реле типу РП21. Живлення від мережі змінного струму 220 В з частотою 50 чи 60 Гц. Споживча потужність не більше 8 Вт. Габаритні розміри і маса відповідно: 190х60х165 мм і 2,6 кг.

Виготовник – МЗТА (м. Москва).

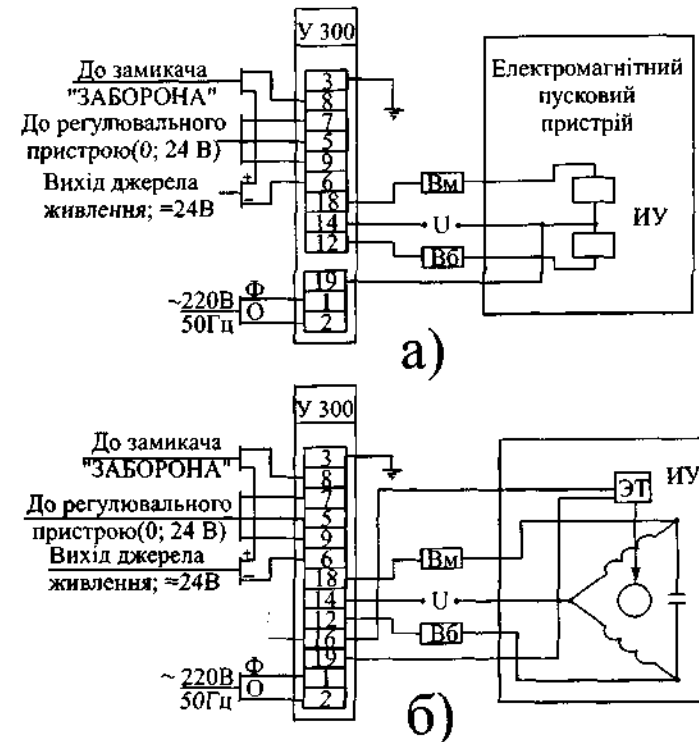


Рис. 2.72. Схеми підключення до підсилювача У300 електромагнітного пускового пристрою (а) та виконавчого механізму з однофазним електродвигуном при наявності гальма (б); ВМ, ВБ кінцеві вимикачі відповідно у бік "менше" і "більше"; U напруга змінного струму; ЭТ-електричне гальмо.

Підсилювачі потужності аналогові У13Н призначені для керування потужністю електронагрівачів і забезпечують лінійне перетворення вхідного сигналу постійного струму (0 – 5 мА) чи постійної напруги (0 – 10 В)

у вихідну потужність (фазоімпульсне керування), перемикання режиму керування вхідними дискретними сигналами, формування режиму заборони вимикання тиристорів, живлення зовнішніх кіл, напругою 24 В від умонтованого джерела та гальванічний розподіл вихідних кіл від вхідних. Додатково передбачена можливість підключення блоку потужних тиристорів для керування більш потужним навантаженням. Припустима потужність нагрівача для підключення до підсилювача: 3,3 кВА при напрузі живлення 220В і 5,7 кВА при напрузі живлення 380 В. Схема зовнішніх з'єднань підсилювача з регулятором МИНИТЕРМ наведена на рис. 3.12

Живлення підсилювача здійснюється напругою змінного струму 220/380 В частотою 50 чи 60 Гц. Споживча потужність не більше 9 ВА. Габаритні розміри і маса відповідно: 190x60x165 мм і 1,5 кг.

Виготовник – МЗТА (м. Москва).

Цифровий тиристорний підсилювач потужності УТЦІ.0 призначений для підсилення вихідних сигналів регуляторів з цифровими чи аналоговими сигналами і перетворення у фазоімпульсні вихідні сигнали. Застосовується для керування електричними виконавчими пристроями АСР потужністю до 1,5 кВт. У порівнянні зі стандартним підсилювачем У252 додатково забезпечує: стабілізацію струму, напруги і потужності у залежності від типу підключаємих пристроїв; регулювання температури при підігріванні до термопари з компенсацією зміни температури холодного спаю; фазоімпульсне управління зовнішніми тиристорами з програмуванням часу циклу у межах $1 \div 900$ с; запис заданих параметрів регулювання в енергонезалежну пам'ять; оперативний вплив на режими роботи.

Конструктивно підсилювач побудований на основі 8-розрядного RISC – мікроконтролера AT8988535 фірми Atmel і містить умонтовані 10-розрядні АЦП (для вимірювання параметра регулювання), ППЗУ (для підвищення функціональних можливостей і стійкості до збоїв напруги живлення) та клавіатуру. Має можливість підключення дисплея завдяки стандартному інтерфейсу. Живлення здійснюється напругою змінного струму 220 В і частотою 50 чи 60 Гц. Споживча потужність 15 ВА.

Виготовник – НДВ ЦГК НТК “Інститут монокристалів” НАН України (м. Харків).

2.6. ПНЕВМАТИЧНА УНІФІКОВАНА СИСТЕМА ПРИЛАДІВ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ “СТАРТ”.

Застосуванню технічних засобів пневмоавтоматики сприяє насамперед їх висока надійність, пожежо- і вибухобезпечність, простота конструкції і експлуатації, можливість використання в окремих умовах агресивного середовища. Однак низька бистродія і порівняно з електричними невелика дальність (до 300 м) дещо обмежує зону застосування пневматич-

них пристроїв регулювання. Пристрої комплексу СТАРТ побудовані на універсальних елементах промислової пневмоавтоматики (УСЕППА), яку утворюють вторинні прилади (див. розд. 1.10), регулятори і функціональні пристрої. Система елементів УСЕППА містить: пневмоопори (постійні, змінні, керусмі), пневмокамери, пневмосмості, пневмопідсилювачі (елементи порівнювання три мембранні і п'ятимембранні), пневмоповторювачі, пневмореле, задавачі, кнопки, тумблери, ячейки пам'яті, перетворювачі та ін. Ці елементи, що утворюють пневматичні пристрої, монтується на платі з органічного скла. Остання кріпиться до металевого каркасу і закривається кожухом з удароміцного полістиролу. Зв'язок між елементами здійснюється крізь канали у платі. Регулятори за допомогою штекерного роз'єму встановлюються на вторинному приладі ФК 0071 (ПВ10.1Э) чи ФК 0072 (ПВ 3.2). У разі установки регулятора безпосередньо на об'єкті біля датчиків чи у виконавчого механізму для монтажу використовують додаткову деталь “гніздо”, за допомогою якої до регулятора підводять лінії зв'язку. Регулятор може бути настроєним як на прямий (з підвищенням параметра регулювання тиск у вихідній лінії регулятора збільшується) так і на зворотний напрямок дії. За допомогою регуляторів можлива реалізація всіх перелічених у попередніх розділах алгоритмів регулювання.

Живлення приладів здійснюється сухим очищенням від пилу і мастила повітрям тиском 140 ± 14 кПа через стабілізатор тиску (СДВ) і фільтр (ФВ) повітря, або пристрій, що поєднує обидві ці функції (ФСДВ). Тиск повітря до стабілізатора звичайно складає діапазон від 0,3 до 0,6 МПа. Діапазон зміни інформаційних (вхідних і вихідних) пневмосигналів складає 20 – 100 кПа. Дискретні сигнали (лог. “0” і лог. “1”) відповідають тиску 0 – 10 кПа і від 110 кПа до значення тиску живлення. Лінії зв'язку поміж пристроями повинні бути з'єднані за допомогою мідних, латунних, пластмасових чи алюмінієвих трубок діаметром 8 чи 6 мм з товщиною стінок 1 мм. При цьому необхідна перевірка ліній на герметичність. Номенклатура і окремі технічні характеристики регуляторів та функціональних пристроїв наведені у табл. 2.29.

Принципи реалізації алгоритмів регулювання у пневматичних регуляторів майже ідентичні електричним, що розглянуті у розд. 2.1. Для прикладу на рис. 2.73 наведена принципова схема пневматичного ПІ – регулятора типу ФР0091.

Згідно схеми замість підсилювачів постійного струму застосовуються п'яти- і тримембранні пневматичні елементи порівнювання (1 і 2). Пропорційна складова регулятора також уводиться шляхом впливу на від'ємний зворотний зв'язок, ступінь якого настроюється змінними опорами α_1 ($\delta=100-3000\%$) і α_2 ($\delta= 2-100\%$), а інтегральна складова уводиться

через дію на позитивний зворотний зв'язок, ступінь якої настраюється змінним опором γ ($T_{\text{и}} = 0,05 - 100$ хвил).

Табл. 2.29. Технічні характеристики пристроїв комплексу СТАРТ.

Найменування пристрою	Тип	Функціональне призначення	Габаритні розміри, мм	Витрата повітря, л/хвил	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
Пристрій алгебраїчного підсумовування	ПФ1.1МІ	Алгебраїчне складання трьох пневматичних сигналів, два з яких зі знаком "+" і один зі знаком "-". Прилад може бути використаним для множення на два одного сигналу, ділення на два одного чи суми двох сигналів, зміни знаку сигналу.	85x140 x106	4,5	1,3
Пристрій витягання квадратного кореня	ПФ1.17МІ	Витягання квадратного кореня з сигналу, що надходить на вхід пристрою.		6	1,5
Пристрій множення на постійний коефіцієнт	ПФ3.9МІ	Множення вхідного параметра на постійний коефіцієнт.		4	1,3
Прискорювач пневматичного сигналу	ПФ2.5МІ	Прискорення передачі дискретних пневматичних сигналів від пристрою, що формує цей сигнал, до пристрою, що сприймає його		1,4	
Пристрій селектування сигналів	ПФ4/5.1МІ	Порівнювання двох пневматичних сигналів і видача сигналу, що дорівнює більшому чи меншому з них (залежить від настроювання)		3	1,1

Продовж. табл. 2.29.

1	2	3	4	5	6
Підсилювач потужності	ПП1.5МІ	Передача на відстань сигналу підсиленого за потужністю (за витратою повітря) з метою виключення впливу опору лінії зв'язку	85x140 x138	1,5	0,56
Реле перемикання	ПП2.5 МІ	Комутація пневматичних каналів	100x77 x124	-	0,5
Пристрій обмеження сигналу	ПП1.1МІ	Обмеження сигналу за максимумом чи мінімумом (залежить від настроювання)	85x140 x106	4,5	1,2
Регулятор позиційний	ПР1.5МІ	Двопозиційне регулювання і сигналізація відхилень параметра від заданого значення. Зона вороття (\pm) 1%	106x85 x141	3	1,2
Регулятор позиційний з настроюваною зоною вороття	ПР1.6МІ	Отримання двох межових дискретних сигналів при виході параметра за граничні значення зони вороття. Діапазон настроювання зони (10-80 кПа)	85x140 x106	4	1,3
Регулятор пропорційний	ФР0098	Неперервне регулювання за пропорційним алгоритмом ($\delta = 2 + 3000\%$)	121x205 x112	2,5	1,8
Регулятор пропорційно-інтегральний	ФР0091	Неперервне регулювання за пропорційно-інтегральним алгоритмом ($\delta = 2 + 3000\%$, $T_{\text{и}} = 0,05 + 100$ хвил)	121x205 x112	4,5	2
Пристрій прямого попередження	ПФ2.1МІ	Увід у ланцюг регулювання якого-небудь процесу впливу за швидкістю відхилення параметра від заданого значення	85x140 x106	3	1,5

1	2	3	4	5	6
Регулятор пропорційно-інтегральний з місцевим задавачем	ФР0092	Додатково до функцій попереднього має можливість формування сигналу завдання	121x205 x112	4,5	2
Регулятор пропорційно-інтегрально-диференціальний	ФР0095	Неперервне регулювання за пропорційно-інтегрально-диференціальним алгоритмом ($\delta=2+3000\%$, $T_i=0,05+100$ хвил, $T_d=0,05+10$ хвил)	182x121 x205	5	3,5
Регулятор пропорційно-інтегральний співвідношення	ПР3.33М1	Неперервне регулювання за пропорційно-інтегральним алгоритмом співвідношення двох параметрів ($\delta=2+3000\%$, $T_i=0,05+100$ хвил, $C=1:1 \div 5:1$ чи $1:1 \div 10:1$)		6	3,3
Регулятор пропорційно-інтегральний співвідношення з корекцією по третьому параметру	ПР3.34М1	Неперервне регулювання за пропорційно-інтегральним алгоритмом співвідношення двох параметрів з можливістю зміни його у залежності від третього параметра. (Діапазони органів настроювання ідентичні попередньому)		8	3,7
Пристрій зворотного попередження	ПФ3.1М	Гальмування впливу регулятора, що викликаний зміною параметра регулювання на об'єкт	85x140 x106	1,5	1,25

Примітка: $\delta = (100/K_p)\%$ - межа пропорційності; С - співвідношення параметрів.

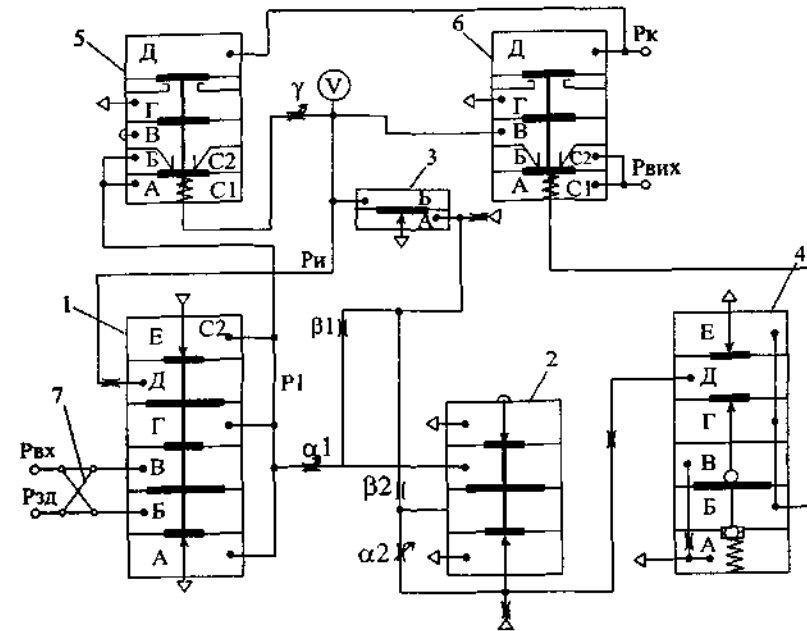


Рис. 2.73. Принципова схема пневматичного регулювального пристрою ФР0091.

Лінійність статичних характеристик досягається за рахунок уводу двох дросельних підсумовувачів (α_1, β_1 і α_2, β_2) у прямий канал і в лінію зворотного зв'язку операційного підсилювача. Сигнал $P_{вх}$, пропорційний поточному значенню параметра регулювання, підводиться до камери В, а сигнал від задавача $P_{зд}$ - до камери Б елемента порівнювання 1. З виходу елемента 1 тиск P_1 надходить на пропорційну і інтегральну ланки. Інтегральна ланка, що складається з пневмоємності V , змінного опору γ і пневмоповторювача 3, як відомо відпрацьовує вихідний сигнал у часі t за рівнянням:

$$P_{и} = \frac{1}{T_{и0}} \int_0^t (P_{вх} - P_{зд}) dt \quad (2.39)$$

У зв'язку з наявністю двох органів настроювання межі пропорційності необхідно при встановленні величини δ на певне значення один із змінних опорів ставити на позначку $\delta = 100\%$. Розглянемо роботу регуля-

тора у діапазоні настроювання δ від 100 до 3000%. При цьому вихідний сигнал Р1 буде дорівнювати:

$$P1 = P_{вх} - P_{зд} + P_{и} \quad (2.40)$$

Сигнал Р1 і Ри надходять на два входи дросельного підсумовувача ($\alpha1, \beta1$), вихід якого з'єднаний з входом операційного підсилювача 2, охопленого глибоким від'ємним зворотним зв'язком. У камері Б елемента 2, згідно закону перетворення тисків на підсумовувачі, буде відслідковуватися вихідний тиск $P_6 = P_{вих}$, тобто

$$P_6 = K1 * P1 - (1 - K1) P_{и}, \quad (2.41)$$

де $K1 = K_p = \alpha1 / (\alpha1 + \beta1)$ – коефіцієнт підсилення підсумовувача ($\alpha1, \beta1$).

Підставивши значення для Р1 і Ри з формул (2.39; 2.40) у рівняння (2.41) отримаємо наступний вираз:

$$P_{вих} = K_p(P_{вх} - P_{зд}) + \frac{1}{T_{и0}} \int (P_{вх} - P_{зд}) dt \quad (2.42)$$

Рівняння (2.42) свідчить, що межа пропорційності встановлюється за рахунок зміни провідності опору $\alpha1$. При цьому, якщо опір $\alpha1$ повністю закритий, тобто $\alpha1 = 0$, коефіцієнт підсилення регулятора $K_p = K1 \rightarrow 0$, а величина $\delta \rightarrow \infty$.

У разі необхідності роботи регулятора у межах $\delta = 2 \div 100\%$ опір $\alpha1$ встановлюють на позначку 100%, що відповідає $K_p = 1$. Тиск на виході операційного підсилювача 2, у від'ємному зворотному зв'язку якого встановлений підсумовувач ($\alpha2, \beta2$), при цьому буде дорівнювати:

$$P_6 = \frac{P1}{K2} + P_{и} \left(1 - \frac{1}{K2}\right), \quad (2.43)$$

де $K2 = \alpha2 / (\alpha2 + \beta2) = 1 / K_p$ – коефіцієнт підсилення підсумовувача ($\alpha2, \beta2$).

Вирішуючи рівняння (2.43) і (2.39) і (2.40) відносно $P_{вих}$, отримаємо формулу ідентичну (2.42)

Таким чином настроювання δ у діапазоні від 2 до 100% необхідно здійснювати зміною опору $\alpha2$. При цьому, якщо опір $\alpha2$ повністю закритий $\alpha2 = 0$, коефіцієнт $K_p \rightarrow \infty$, а величина $\delta \rightarrow 0$. Слід відзначити, що при повністю закритому опорі γ час $T_{и} \rightarrow \infty$, і регулятор буде діяти за пропор-

ційним алгоритмом. Наведене рівняння (2.42) свідчить, що регулятор має незалежні органи настроювання δ і $T_{и}$.

Вихідний тиск з елемента 2 прямує на вхід повторювача – підсилювача потужності 4 до камери Д, а далі через сопло С1 пневмореле 6 на вихід регулятора. При цьому, якщо регулятор командним сигналом від станції керування переведений у режим ручного керування $P_k = 1$, сопло С1 реле 5 і 6 буде закрите, а сопло С2 – відкрите. Це призведе до роз'єднання виходу підсилювача 4 з камерою А реле 6 і з'єднання крізь відкрите сопло С2 реле 9 з камерою Д позитивного зворотного зв'язку елемента 1, в якій встановиться тиск як і на виконавчому механізмі. Крім того, з подачею $P_k = 1$ лінія інерційного позитивного зворотного зв'язку буде розімкнена через закрите сопло С1 реле 5. Таке виконання схеми дозволяє запобігти стрибка тиску у лінії виконавчого механізму у проміжних положеннях перемикача станції керування, тобто забезпечити безударність переходу на автоматичне керування. Постійний опір у камері Д підсилювача 4 служить для гасіння автоколивань, що виникають при роботі регулятора.

Усі типи регуляторів і функціональних блоків мають однакове цифрове позначення штуцерів для з'єднання. На рис. 2.74. наведено загальний вигляд регуляторів з габаритно-монтажними розмірами і позначеннями штуцерів для приєднання імпульсних трубопровідних ліній.

Основна похибка регуляторів $\pm 0,5\%$. Для регулятора ПР1.6М1 при настроюванні зони вороття у межах 10 – 40 кПа основна похибка дорівнює $\pm 1\%$, а при перевищенні зони позначки 40 кПа – $\pm 0,5\%$. У регуляторах типу ФР0098, ФР0091, ФР0092, ФР0095, ПР3.33М1, ПР3.34М1 нелінійність статичних характеристик не перевищує $\pm 1\%$ для межі пропорціональності 100% і $\pm 3\%$ для всіх значень межі пропорціональності на позначках від 2 до 3000% (крім 100%).

Виготовник – АТ "ТИЗПРИБОР" (м. Москва).

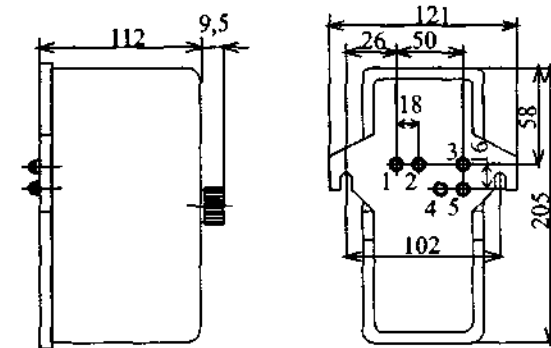


Рис. 2.74. Габаритно-монтажні розміри регулятора типу ФР0091: 1 – вихід; 2 – вхід; 3 – вимикаюче реле; 4 – живлення; 5 – завдання.

3. МІКРОПРОЦЕСОРНІ РЕГУЛЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ І КОМПЛЕКСИ.

3.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.

Розвиток технології і схемотехніки мікроелектронних схем призвів до створення великих інтегральних схем (БИС), які становлять собою універсальні за призначенням, функціонально завершені пристрої, а за своїми функціями і структурою в деякій мірі ідентичні процесорам звичайних ЕОМ, але мають значно менші розміри. Велика інтегральна схема – це напівпровідниковий прилад, у якого на одній пластині напівпровідникового матеріалу площиною у декілька квадратних міліметрів розміщується до мільйона і більше компонентів: діодів, транзисторів, резисторів, конденсаторів, з'єднаних поміж собою деяким наперед заданим способом.

Мікропроцесор (МП) – це програмно - керуємий пристрій, що здійснює прийняття, арифметико-логічну обробку і видачу цифрової інформації, а також керування процесом цієї обробки, вміщує одну чи декілька кристалів БИС і призначений для спільної роботи з пристроями пам'яті та вводу-виводу інформації. Таким чином, МП – це стандартний (оскільки це БИС) універсальний (оскільки він програмується) пристрій, який дозволяє реалізувати прийняття, обробку і передачу цифрової інформації.

Мікропроцесорна система (МПС) – це сукупність взаємозв'язаних пристроїв, що вміщує один чи декілька МП, пам'ять (ОЗУ), пристрій вводу-виводу і ряд інших пристроїв, націлених на виконання деяких чітко визначених інформаційних чи керуючих функцій.

Мікро ЕОМ (МЕОМ) – це конструктивно завершена МПС, що має пристрій зв'язку із зовнішніми компонентами, панель керування, власне джерело живлення і комплект програмного забезпечення.

Мікроконтролер (МКО) – це мікро ЕОМ з невеликими обчислювальними ресурсами і спрощеною системою команд, що зорієнтована не на виконання обчислень, а на виконання операцій логічного керування різним обладнанням. Прикладами МКО є пристрої (мікропроцесорні), що керують роботою стандартних периферійних пристроїв вводу-виводу МЕОМ: накопичувачів на гнучких магнітних дисках (НГМД), магнітних стрічках (МЛ), друкарських пристроїв, графопобудівників та ін.

Мікропроцесорний комплекс інтегральних схем (МПК ІС) – це сукупність мікропроцесорних БИС (базовий МПК) та інших ІС, що однотипові за конструктивно-технологічним виконанням і забезпечені функціональною, структурною, інформаційною та енергетичною сумісністю для ви-

користання у складі МПС, тобто МПК становить собою елементну базу МПС, МЕОМ і МПАС.

Мікропроцесорна автоматична система (МПАС) – це автоматична система з вмонтованими у неї засобами мікропроцесорної техніки (МТ). Структура і взаємозв'язок основних засобів МТ у межах МПАС наведені на рис.3.1. Приблизно таку саму структуру мають і МЕОМ.

Центральне місце у цій структурі займає мікропроцесор МП, який може бути як однокристалний МП з фіксованою системою команд, так і багатокристалний МП з мікропрограмним керуванням. МП подібно процесору звичайних ЕОМ безпосередньо виконує арифметичні і логічні операції над даним, здійснює програмне керування процесом обробки інформації, організує взаємодію усіх пристроїв, що входять у систему. Основні елементи МП: арифметико-логічний пристрій АЛУ, пристрій керування УУ і блок регістрів БРГ. Останній містить А-регістр (акумулятор), регістр прапорців (F регістр), регістри команд, стану, адреси, регістр спеціального призначення (програмний лічильник і покажчик стека) та ін. Пристрій керування генерує послідовність синхронізуючих і логічних сигналів, які здійснюють почергове вийняття команд з пам'яті та їх виконання. Порядок виконання команд задається шляхом їх відповідного розміщення у програмі, що міститься у пам'яті. Адреса наступної команди у пам'яті міститься у програмному лічильнику МП.

Пам'ять МП може бути реалізована на підставі різних запам'ятовуючих пристроїв (ЗУ) і ділиться на постійну (ПЗУ) та оперативну (ОЗУ). Напівпровідникові ПЗУ у процесі роботи здійснюють тільки читання завчасно записаних даних (програм) і не припускають зміни інформації, занесеній до них під час виготовлення. Напівпровідникові ОЗУ призначені для запису і зчитування оперативної інформації, яка може змінюватись у процесі функціонування МПС. На відміну від ПЗУ інформація в ОЗУ не зберігається під час короткочасного зникнення джерела живлення. Інформація записується в адресованій ячійці пам'яті у вигляді слова, яке становить собою сукупність двоїчних розрядів (біт). Слово довжиною 8 біт отримало назву – байт. Пам'ять МПС компонується порціями, ємкість яких кратна 1024 словам. Цей розмір адресного простору (кількість ячеек пам'яті) позначається 1К. Тому, якщо МП має 16-розрядну шину адреси, то це дозволяє встановлювати об'єм адресного простору $2^{16} = 64К$ ячеек пам'яті.

У МПС застосовуються статичні і динамічні ОЗУ. У статичних ОЗУ кожний елемент пам'яті становить собою симетричний тригер, що зберігає один біт інформації. На рис.3.2 представлена загальна організація ОЗУ ємкістю 1024 біт, де матриця елементів пам'яті складається з 32 строк і 32 стовпчиків.

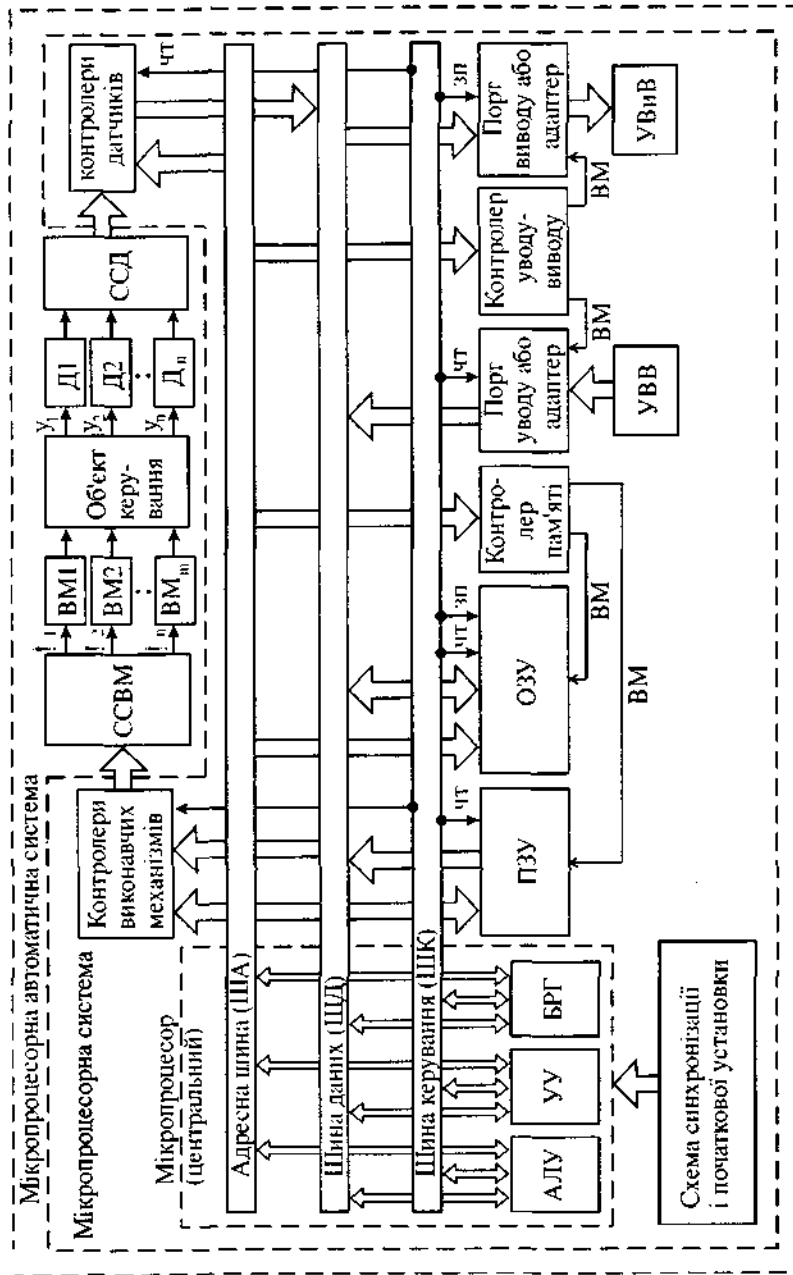


Рис. 3.1. Типова структура і взаємозв'язок основних засобів мікропроцесорної техніки у межах мікропроцесорної автоматичної системи.

Вибір одного з 1024 запам'ятовуючих елементів (тригерів) здійснюється шляхом завдання адреси строки ($A_0 \dots A_4$) і стовпчика ($A_5 \dots A_9$). Активізація цієї БИС (ОЗУ) здійснюється подачею сигналу від дешифратора команд МП на лінію вибору модуля (\overline{BM}). Якщо цей сигнал відсутній, то лінія читання/запису ($\overline{ЧТ/ЗП}$) не підключається. При однібітній організації БИС пам'яті необхідна довжина машинного слова досягається шляхом паралельного включення відповідної кількості БИС. Наприклад, МП з 8-розрядною організацією машинного слова необхідно застосовувати паралельно 8 однакових БИС, наведених на рис.3.2. Адресні виходи, а також лінії \overline{BM} і ($\overline{ЧТ/ЗП}$) підключають паралельно до відповідних розрядів шини адреси і лініям шини керування.

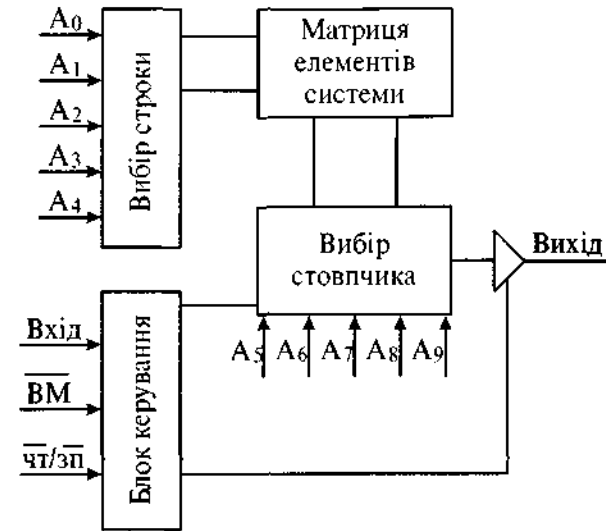


Рис. 3.2. Структурна схема організації статичних ОЗУ.

Динамічні ОЗУ призначені для запам'ятовування інформації на короткий термін, у яких при замиканні ключа конденсатор заряджується вхідним сигналом, а при розмиканні ключа заряд на конденсаторі зберігається. До складу МПСА керування технологічними процесами (див. рис.3.1) входить велика кількість зовнішніх периферійних пристроїв: датчики (D_1, D_2, \dots, D_n) для вимірювання параметрів стану об'єкта керування, виконавчі механізми (BM_1, BM_2, \dots, BM_n), за допомогою яких здійснюється регулювання параметрів об'єкта, стандартні периферійні пристрої (пульти

ручного вводу, пристрої завантаження і відладки програм), зовнішньої пам'яті, пристрої зв'язку з об'єктом. Ефективна робота такої системи реалізується завдяки застосуванню чотирьох визначальних принципів: модульність конструкції, магістральність організації, мікропрограмне керування, регулярність структури.

Модульний принцип конструювання передбачає виготовлення МПС чи МЕОМ у вигляді набору БИС з необхідною кількістю зовнішніх виводів і високою регулярністю логічних структур, для яких характерна універсальність і гнучкість МП, як приладу з програмним керуванням та спеціальними апаратно-логічними засобами.

Магістральний принцип організації МПС передбачає наявність інформаційно-логічної сумісності модулів в умовах обмежень, викликаних інтегральною технологією (мала кількість вихідних контактів БИС). Сукупність задач інформаційно-логічної сумісності компонентів МПС вирішується застосуванням інтерфейсного зв'язку.

Інтерфейс – це комплекс засобів уніфікованого супраження модулів МПС, що вміщує апаратні і алгоритмічні засоби. До складу апаратних засобів входять: система уніфікованих шин, уніфікованих сигналів і електронних схем. Алгоритмічна частина – це алгоритм (найчастіше має назву – протокол) обміну, тобто сукупність правил взаємодії цих модулів у процесі обміну інформацією. З точки зору загальної задачі, що вирішує інтерфейс, слід розподіляти загальний внутрішній і зовнішній (відносно МПС) інтерфейси. *Внутрішній інтерфейс* передбачає організацію супраження модулів пам'яті, контролерів периферійних пристроїв, і портів вводу-виводу чи адаптерів з магістральними шинами МП. *Магістральний* або *загальний інтерфейс МП* забезпечує паралельний спосіб передачі інформації по адресній шині (ША), шині даних (ШД) і шині керування (ШУ). Шина адреси є однонаправленою, тобто код адреси ячейки пам'яті чи регістра периферійного пристрою генерується центральним мікропроцесором і передається по адресній шині від МП до решти пристроїв МПС. Шина даних є двонаправленою, тобто працює у мультиплексному режимі. Шина керування являє собою сукупність однонаправлених каналів зв'язку, по яких передаються сигнали керування. Останні призначені для синхронізації роботи пристроїв і визначення операцій. Загальну синхронізацію забезпечує зовнішній пристрій синхронізації і початкової установки (тактовий генератор). *Зовнішній інтерфейс* організує супраження частин МПС із зовнішніми компонентами, такими, як периферійні пристрої (стандартні і зовнішні), канали передачі даних, контролери і т. ін. Цей інтерфейс не виходить безпосередньо на шини МПС і тому суттєво менше структурований. До нього відносяться перетворення зовнішніх сигналів, які можуть мати любую природу (у тому числі і аналогову), у сигнали, сумісні з сигналами на шинах, і зворотне перетворення. Периферійні пристрої

у складі МПС мають стандартний інтерфейс з боку підключення до інформаційної магістралі і нестандартний інтерфейс з боку пристроїв вводу-виводу (УВВ і УВВВ). *Стандартний інтерфейс* – це схема супраження МП з периферійними пристроями і каналами вводу-виводу, яка реалізується за допомогою уніфікованих систем зв'язку (див. рис. 7.11, табл. 7.4-7.7 ч.1).

В організації зв'язку периферійних пристроїв (ПП) з МПС у сучасних умовах спостерігається тенденція децентралізації апаратури керування вводом-виводом, уніфікація і поширення функціональних можливостей блоків керування ПП, за допомогою яких ПП приєднується до інтерфейсу, і надання цим блокам властивостей програмної налаштуваності на виконання визначених функцій. Різноманітні уніфіковані програмно-налаштовані електронні блоки керування вводов-виводом, порти вводу-виводу, адаптери, контролери і т.п., об'єднані поняттям інтерфейсної схеми (інтерфейсні БИС).

Різні ПП з'єднуються з МПС за допомогою невеликої кількості уніфікованих інтерфейсних БИС. Їм притаманна висока універсальність, яка досягається шляхом програмування необхідних функцій виконання. Функціональне призначення інтерфейсних БИС встановлюється або подачею на них керуючих сигналів від зовнішніх джерел чи з боку МП, або шляхом попередньої комутації їх керуючих входів. Внаслідок чого з'являється можливість встановлювати такі параметри інтерфейсних БИС, як напрямки передачі, формат символу, контроль на парність чи непарність і т.п., у залежності від вимог конкретного застосування. У найпростіших випадках використовуються адресуємі багаторежимні буферні регістри вводу-виводу (порти), можливості програмування яких обмежені. Застосування портів доцільно при керуванні простим ПП, яке виконує невелику кількість операцій, у цьому випадку керувати ПП через порт можливо командами вводу-виводу.

Більш складними блоками керування периферійними пристроями є контролери, які забезпечують умови відмикання і замикання окремих регульованих органів чи їх груп, а також запуску різних виконавчих механізмів або приймання сформованих інформаційних сигналів від датчиків. Універсальні програмуємі контролери виконуються у вигляді однокристальних БИС, які підключаються до магістральних адресних шин і здійснюють селекцію сигналів, неприпускаючи передачі по одній шині декількох повідомлень одночасно. Від МП по адресній шині передається на всі контролери ПП код вибору зовнішнього пристрою, що міститься у командах вводу-виводу. Контролер ПП виконує наступні функції: декодування адреси ПП, що отримана від МП, і надання відповіді про готовність до обміну у шину керування, коли ця адреса співпадає з ключем цього пристрою (забезпечує селектор); декодування коду операції, що надходить від

МП; передача до МП інформації про поточний стан ПП; керування передачею інформації поміж МП і ПП. Згідно отриманого коду, з контролера ПП, на вхід вибору модуля (ВМ) відповідного порту вводу чи виводу надходить сигнал, що забезпечує обмін інформацією тільки між окремим зовнішнім пристроєм (модулем) і МП. Таким чином, шляхом перепрограмування контролера можна реалізувати конкретний алгоритм керування без додаткових апаратурних витрат.

Логічна структура універсального програмуемого контролера наведена на рис. 3.3. Контролер працює у відповідності з конкретною програмою. При цьому, керування периферійними пристроями УВВ і УВнВ забезпечується мікропроцесором МП. Контролер має також магістральну структуру. До шин адреси, даних і керування можуть бути підключені поширюючі ОЗУ і ПЗУ (ППЗУ), якщо можливостей МП недостатньо для керування обміном інформацією. До магістралей контролера підключаються також вузли програмуємих інтерфейсів (УПИ) з модульною структурою. Пулт керування (ПУ) МПС і ПП вводу і виводу зв'язані з УПИ за допомогою вузлів супряження (УС). Для показання напрямку передачі інформації з шини керування МПС надходять сигнали читання ЧТ, по яких відбувається прийняття інформації з портів вводу до мікропроцесора, а по сигналам запису ЗП здійснюється зворотна передача від мікропроцесора у порти виводу інформації.

Організація вводу-виводу інформації у МПС здійснюється двома способами системних пересилань: програмно-керуємих обмін даними, за умов якого керування відбувається за програмою МП (центрального); контролерний обмін даними або прямий доступ до пам'яті (ПДП).

Увід і вивід інформації при програмно-керуємому обміні даними відбувається під керуванням основної програми, за допомогою якої МП взаємодіє з периферійними пристроями. Оскільки МПАС керування технологічними процесами працює у реальному масштабі часу, то для керування ПП широко застосовується режим переривань. Сигнали переривань формуються портами вводу-виводу ПП чи периферійними адаптерами (ПА), які становлять собою програмно-керуємі блоки регістрів інтерфейсу. Через ці регістри МП здійснює керування ПП із застосуванням керуючих слів, що визначають не тільки режим роботи різних частин ПА, але і надають спеціальні модифікатори команді вводу-виводу. Отримавши запит на переривання, МП відкладає виконання основної (робочої) програми і починає виконувати підпрограму згідно адреси ПП. Виконання підпрограми закінчується командою вороття, що передає керування на продовження виконання перерваної основної програми.

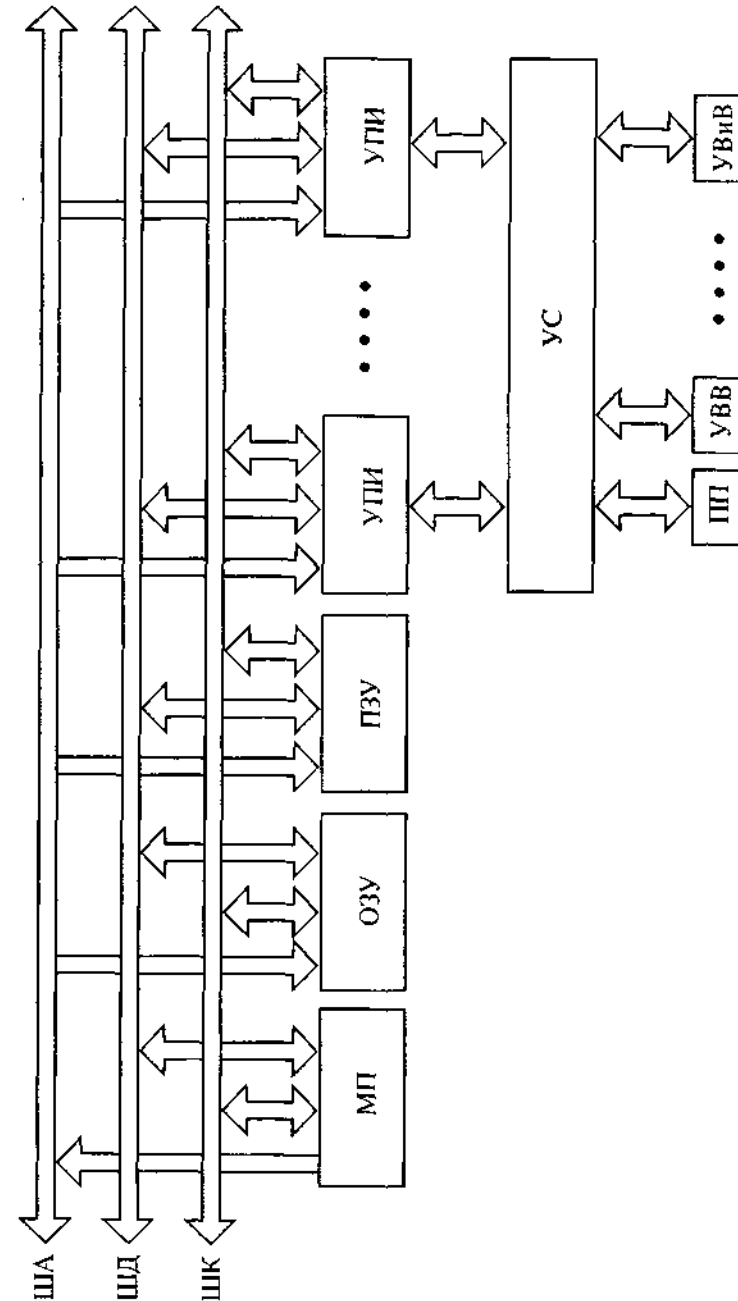


Рис.3.3. Загальна структура універсального програмуемого контролера.

Для реалізації контролерного обміну даними використовуються контролери ПДП, які дозволяють ПП звертатися безпосередньо до пам'яті (ОЗУ) МПС, завдяки чому скорочується процес обміну інформацією, бо дії програм відбуваються без втручання МП. Режим ПДП не порушує нормальної роботи МПС, а лише призупиняє її на час циклу виконання операцій вводу-виводу. Таким чином, операція керування МПАС здійснюється за допомогою програмного забезпечення (ПО), яке дозволяє реалізувати необхідну проблемну орієнтацію системи будь-якої складності. *Принцип мікропрограмного керування*: підвищує гнучкість пристроїв за рахунок можливості зміни мікропрограм; збільшує регулярність їх структури за рахунок застосування матричних структур пам'яті; підвищує надійність пристроїв завдяки використанню серійних БИС; спрощує контроль функціонування МП, що зводиться до контролю вмісту запам'ятовуючого пристрою. *Регулярність структури* передбачає закономірну повторюваність елементів структури і зв'язків між ними на різних рівнях МПСА.

Безпосередній увід інформації $U_1, U_2 \dots U_n$ від датчиків у МПАС здійснюється шляхом застосування систем супряження з датчиками (ССД), яка містить пристрої вводу інформації з аналогових, дискретних перетворювачів і датчиків переривання. Система супряження з виконавчими механізмами (ССВМ) формує сигнали керування $\mu_1, \mu_2 \dots \mu_m$ на виконавчі механізми, які у залежності від вимог алгоритмів керування можуть бути як аналогової, так і дискретної дії.

3.2. КОМПЛЕКС МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ПРИЛАДІВ “МИНИТЕРМ”.

Комплекс приладів МИНИТЕРМ – це група локальних засобів автоматизації різноманітних технологічних об'єктів, яка відрізняється простою застосування при достатньо високій точності регулювання і широких функціональних можливостях. Комплекс призначений для автоматичного регулювання технологічних параметрів різноманітних установок: печей і сушильних камер, котлоагрегатів і систем теплопостачання, водо- і повітрянагрівачів, кліматичних камер і кондиціонерів, установок для переробки пластмас, агрегатів для пастеризації молока і випічки хлібобулочних виробів, а також багатьох інших процесів і установок.

Комплекс приладів МИНИТЕРМ 400 утворюють регулятори: МИНИТЕРМ 400.00 – для роботи з датчиками, що мають вихідні сигнали ($0 + 5$ мА, $0(4) + 20$ мА, $0 + 10$ В, $0 + 50$ мВ) постійного струму; МИНИТЕРМ 400.20, 400.21, 400.22 – для роботи з термометрами опору з НСХ 50П, 50М, 100П, 100М; МИНИТЕРМ 400.30, 400.31 – для роботи з термоелектричними термометрами (термопарами) з НСХ ХА(К), ХК(L), ПП(S).

Модифікації приладів відрізняються лише програмою, що міститься у постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗУ) відповідного регулятора.

На замовлення споживача регулятор може комплектуватися будь-яким із наступних підсилювачів потужності, що входять до складу комплексу: У300, У330, У330.Р2 – тиристорні реверсивні підсилювачі для керування однофазними електродвигунами; У24 – тиристорний реверсивний підсилювач для керування трифазними електродвигунами; У13Н – тиристорний підсилювач потужності змінного струму для керування електронагрівачами. Кожний з цих підсилювачів додатково забезпечує живлення регулятора напругою 24В постійного струму. Якщо підсилювач не застосовується, тоді для живлення регуляторів може бути використаний один із наступних групових джерел живлення серії П300: П300.2 здійснює живлення двох регуляторів, П300.4 – чотирьох регуляторів, а П300.Р2 – двох регуляторів з можливістю видачі дискретних сигналів, завдяки вмонтованих у ньому трьох реле.

Комплекс забезпечує цифровий інтерфейсний зв'язок кільця, що може вміщувати до 16 регуляторів з ПЕОМ верхнього рівня керування за протоколом RS232C (“Стик С2”). Для підвищення дальності передачі інформації до складу комплексу входить перетворювач І300, що здійснює перетворення сигналу RS232C у сигнал за протоколом ІРПС (“токова петля”). По каналу інтерфейсного зв'язку можливий вивід на ЕОМ усіх входів і параметрів настроювання регулятора, а також зміна завдання та інших параметрів по командах з ЕОМ.

Регулятори реалізують наступні функції: ПД, ПІ, ПД, П і двопозиційне регулювання з імпульсним чи аналоговим вихідним сигналом; можливість використання аналогового виходу у якості сигналу, що лінійно залежить від регульованого параметра; захист від обриву кола датчика; сигналізація верхнього і нижнього межових відхилень регульованого параметра від заданого значення; автоматизоване настроювання динамічних параметрів регулятора; цифровий інтерфейсний зв'язок з верхнім рівнем керування; цифрова індикація параметрів процесу і самого регулятора, або у відсотках, або безпосередньо у одиницях фізичних величин. До входу регулятора можливе підключення шести датчиків з вихідними сигналами постійного струму. Сигнали $0 + 50$ мВ подаються на вхід регулятора безпосередньо, а сигнали $0 + 10$ В, $0 + 5$ мА, $0(4) + 20$ мА – через додаткові пристрої відповідно ВП10М, ВП05М і ВП20М, що входять у комплект постачання. До того ж, замість датчиків з вихідними сигналами постійного струму на вхід може бути підключено до трьох реостатних (потенціометричних) датчиків з опірністю до 2,2 кОм. Регулятор має тільки один вихід для імпульсного чи аналогового керування, і три дискретних виходи. Вихідним імпульсним сигналом можуть бути або “сухі” транзисторні ключі (45 В; $0,15$ А), або сигнал (0 ; 24 В) постійного струму. Аналоговий вихід у

залежності від схеми підключення формується у вигляді сигналу постійного струму ($0 + 10В$; $0 + 5mA$, $0(4) + 20mA$). Для схем з імпульсним регулюванням аналоговий вихід застосовують для підключення зовнішнього вторинного приладу. Дискретні виходи призначені для сигналізації верхнього і нижнього межових відхилень регульованого параметра від завдання, а також для сигналізації відмови приладу. Вид і параметри дискретних вихідних сигналів такі самі, як у імпульсного вихідного сигналу.

Основна похибка вимірювання сигналів складася: $\pm 0,2\%$ - для сигналів $0 + 50mB$; $\pm 0,3\%$ - для сигналів $0 + 5$, $0 + 20$, $4 + 20mA$, $0 + 10B$ за умов відображення цих сигналів на дисплеї у натуральних фізичних одиницях. Похибка встановлення завдання на рівні $0,01\%$. Статична похибка регулювання не більше $\pm 0,3\%$. Регулятори призначені для експлуатації у закритих вибухо- і пожежобезпечних приміщеннях за відсутності у навколишньому повітрі агресивних парів і газів. Температура навколишнього повітря у приміщеннях від 5 до $50^\circ C$ при відносній вологості до 80% . Припустима вібрація до $0,1$ мм і частоті не більше $25Гц$.

Конструктивно регулятор вміщує шасі, яке встановлене у пластмасовий корпус. Шасі складається з двох електронних плат, що скріплені поміж собою стійками, лицьової панелі і штепсельного роз'єму (25 клем). Роз'єм (СНП-101-25В) розпаяний на одній з електронних плат і призначений для підключення зовнішніх пристроїв. На рис. 3.4. зображена лицьова панель регулятора, де наведено призначення індикаторів, дисплея і кнопок, а також вказані номери клем штепсельного роз'єму розташованого на задній стінці корпусу. Функціональна схема регулятора представлена на рис. 3.5. Склад і призначення основних пристроїв цієї схеми наступні.

Апаратний пристрій вводу інформації, де перетворюються аналогові сигнали (X_A , X_B , X_C , X_F , X_G , X_H) у цифрову форму за допомогою аналогово-цифрового перетворювача АЦП. Цифрові еквіваленти аналогових сигналів мають такі позначення: **A**, **B**, **E**, **F**, **G**, **H**. Цей пристрій містить також три джерела струму для живлення реостатних (потенціометричних) датчиків. Вхід X_A сприймає сигнал датчика, що вимірює регульований параметр. На входи X_B , X_C , X_F , X_G можуть бути подані корегуючі сигнали. До входу X_H може надсилатися сигнал від датчика положення виконавчого механізму.

Апаратний пристрій виводу інформації містить: п'ять "сухих" транзисторних ключів, що керуються імпульсним виходом ($Z1$, $Z2$) і дискретними виходами ($Z3$, $Z4$, $Z0$); цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); перетворювач аналогово сигналу напруги ($Y1$) у струмовий сигнал ($Y2$); засоби вводу і виводу інформації за цифровим інтерфейсним каналом (прийм-передача).

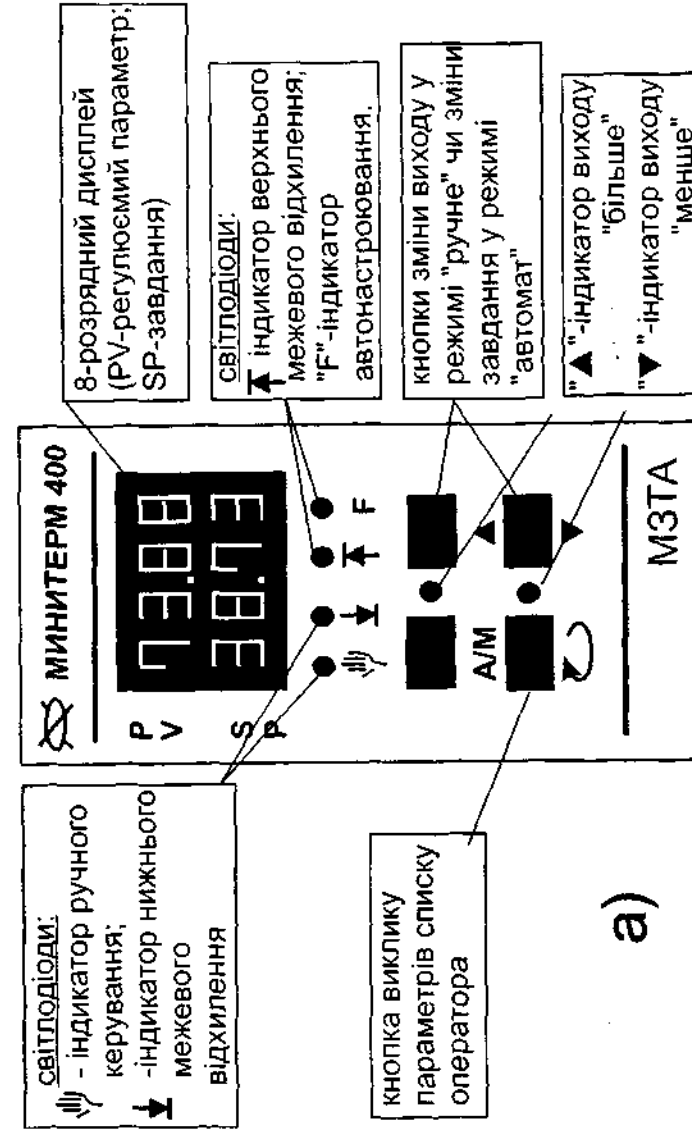


Рис.3.4. Загальний вигляд лицьової панелі регулятора МИНИТЕРМ 400 (а) і задньої стінки корпусу мікропроцесорного (б).

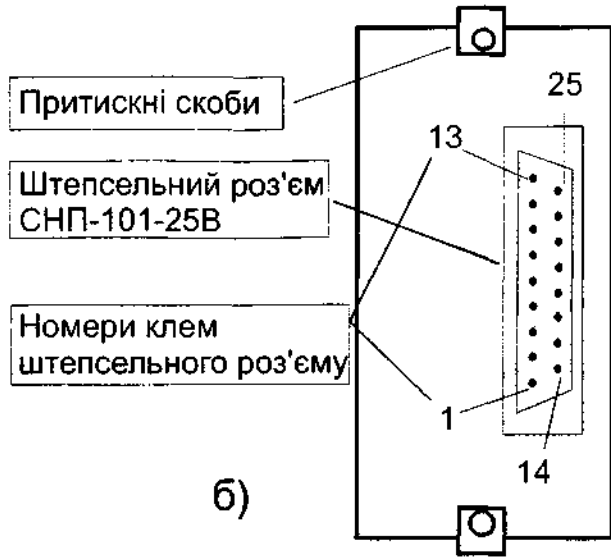


Рис.3.4. Закінчення.

Джерело живлення формує напругу постійного струму для живлення усіх вузлів регулятора.

Цифровий обчислювальний пристрій містить однокристалну мікро-ЕОМ, оперативний і постійний запам'ятовуючі пристрої, елементи для передачі і обробки інформації. Ці апаратні засоби реалізують шляхом програмування функціональні блоки, що вказані на рис. 3.5.

Перетворювач входних сигналів(П) перетворює сигнал X_A для індикації регульованого параметра (А) на дисплеї у відсотках або у одиницях фізичної величини (Ф.В.). До того ж, блок П обчислює загальне завдання Р (% , Ф. В.) і розузгодження Е, яке фільтрується у фільтрі (Ф) з постійною демпфівування $FL_{г}$. Вхідний сигнал h приводиться на будь-якій ділянці від h_{-} до h_{+} у діапазон 0-100% і виводиться на дисплей у вигляді змінної.

Задавач призначений для формування сигналу завдання Р.

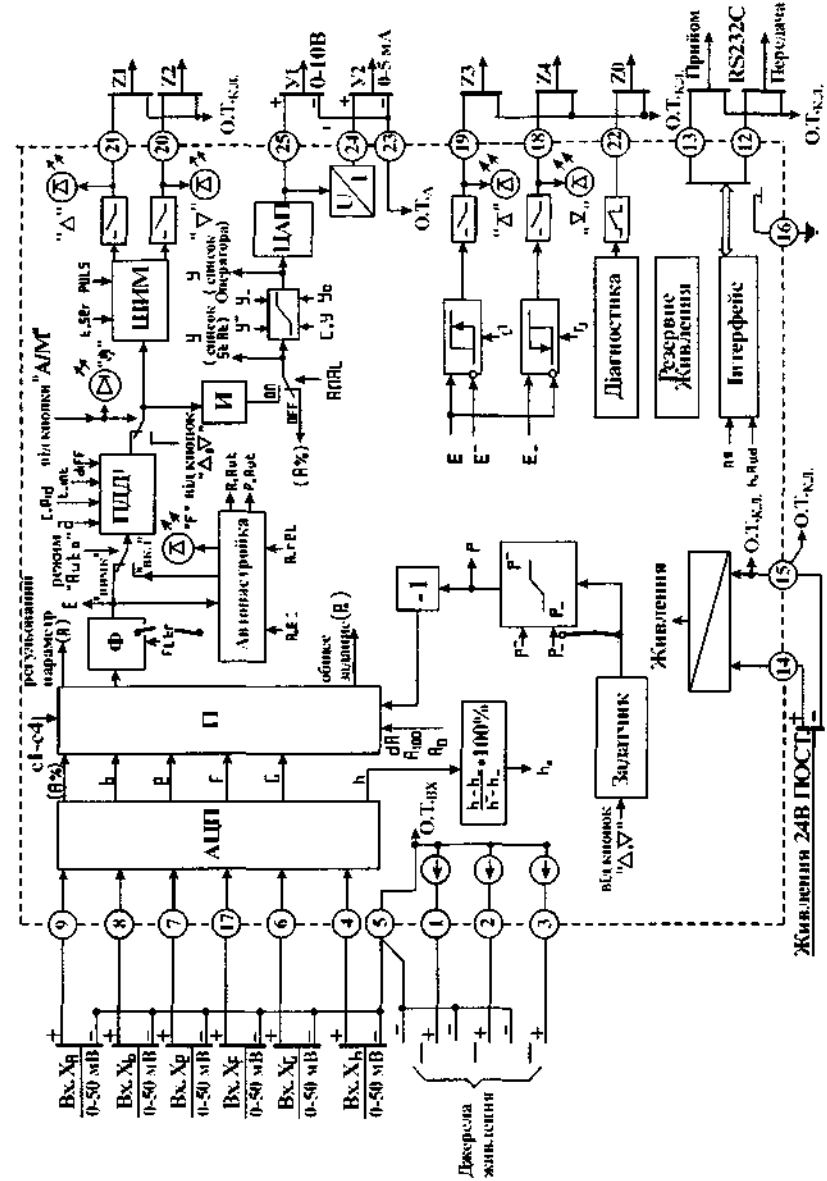


Рис. 3.5. Функціональна схема мікроцесорного регулятора МИНИТЕРМ-400.

Блок формування закону регулювання (ПДД') реалізує ПІД-закон спільно з виконавчим механізмом (при використанні імпульсного виходу) чи спільно з інтегратором І (при використанні аналогового виходу).

Блок автонастроювання дозволяє перевести замкнену систему регулювання у режимі автоколивань з обмеженою амплітудою, виконує на підставі аналізу сталих автоколивань розрахунок оптимальних значень параметрів настроювання регулятора C, P, I, E, int (коефіцієнт підсилення і постійна інтегрування)

Широтно-імпульсний модулятор (ШИМ) перетворює вихідний сигнал блоку ПДД' в імпульс, що керує ключами імпульсного виходу Z1, Z2. Аналогові вихідні сигнали Y1(Y2) для регулятора з імпульсним виходом можуть використовуватись для виводу на самописець інформації про величину регульованого параметра.

Компаратори програмні порівнюють величину відхилення E з уставками верхнього (E^+) і нижнього (E_-) граничних відхилень, впливають на ключі дискретних виходів відповідно Z3 і Z4. Ключ Z3 замкнений, якщо $E > E^+$, а ключ Z4 замкнений, коли $E < E_-$.

Блок діагностики відмов аналізує несправності регулятора і за їх наявності розмикає ключ дискретного виходу Z0, забороняє функціонування виходів Z1, Z2, "заморожує" для аналогового регулятора вихід Y1 (Y2) та періодично висвітлює на дисплеї код виду несправності.

Вказані на рис. 3.5. параметри настроювання усіх програмних блоків уводяться наладчиком за відповідними списками, які наводяться в інструкції по експлуатації приладу.

Загальна схема підключення зовнішніх пристроїв до регулятора наведена на рис. 3.5. Усі з'єднання виконуються мідним проводом з перерізом не менше $0,35 \text{ мм}^2$. На рис. 3.6-3.9 наведені основні схеми підключення зовнішніх пристроїв.

Підключення датчиків потенціометричних і постійного струму (див. рис. 3.6) проводяться за допомогою окремих жгутів. При цьому довжина ліній, що з'єднує узгоджуючі пристрої ВП05М, ВП20М і ВП10М з регулятором, не повинна перевищувати 1-2 м. Вивід "-" датчиків необхідно з'єднувати безпосередньо до клеми 3 пристроїв ВП. Підключення датчиків до входів X_b, X_e, X_g, X_h аналогічне, але клема 9 змінюється на клеми згідно таблиці на рис. 3.6 (б). Клеми входів, що не використовуються необхідно з'єднувати перемичкою з клемою 5.

Підключення кола інтерфейсного зв'язку проводиться за схемою, що представлена на рис.3.7.

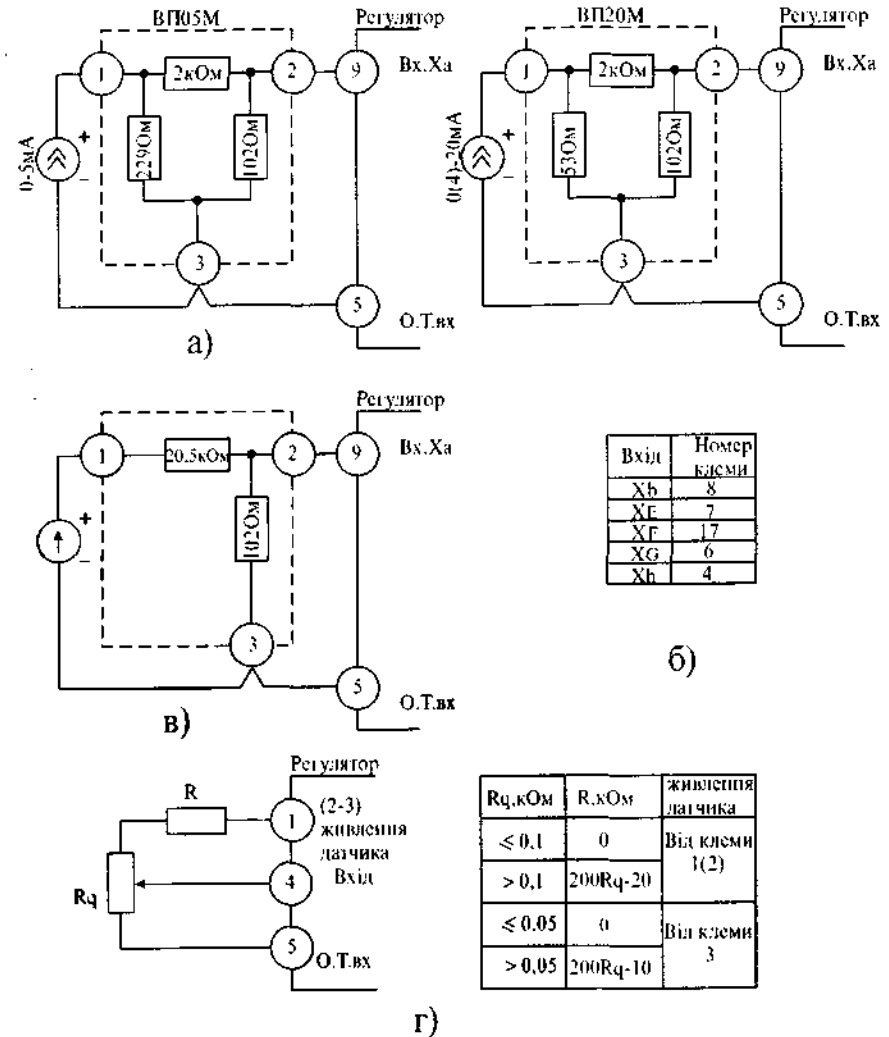


Рис.3.6. Схеми підключення датчиків потенціометричних (а-в) і постійного струму (г).

Усі з'єднання виконуються звитими проводами, довжина лінії поміж сусідніми приладами не більше 15м, а при використанні перетворювача І300 – до 500м. На рис.3.8 наведена схема підключення кіл інтерфейсного зв'язку до послідовного порту EOM.

Підключення кіл живлення і виходів наведено на рис.3.9.

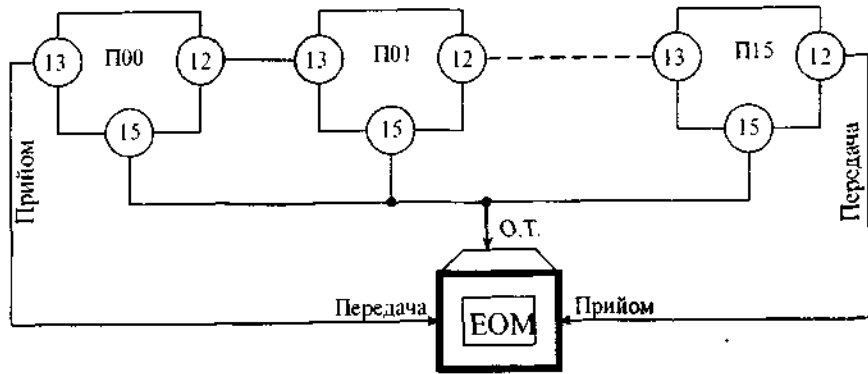


Рис.3.7. Схема підключення кола інтерфейсного зв'язку: П00- П15 відповідний номер регулятора МІНІТЕРМ 400.00 в інтерфейсному каналі(список Stat).

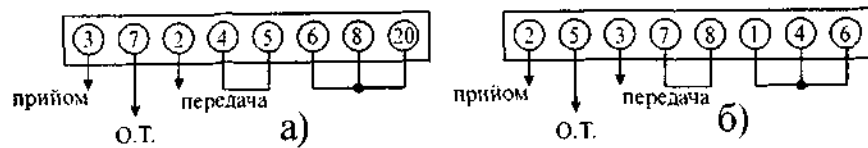


Рис.3.8. Схема підключення кола інтерфейсного зв'язку до послідовного порту ЕОМ: а)- 25 клемний роз'єм; б)- 9 клемний роз'єм.

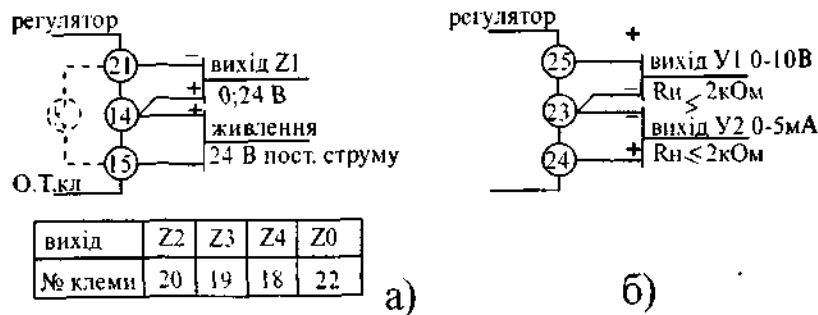


Рис.3.9. Схеми підключення кіл живлення, дискретних виходів (а) і аналогових виходів (б).

На рис.3.9а показано підключення до виходу Z1. Підключення навантаження до виходів Z2, Z3, Z4 і Z0 здійснюється аналогічно. При цьому замість клемми 21 використовується клемма згідно таблиці представ-

лений на рис 3.9а. Вихід у регуляторі захищений від перенапруги при роботі на індуктивне навантаження. Підсумковий опір навантаження не менше 160Ом.

Для аналогових виходів припустимо як одночасне підключення навантаження до виходів Y1 і Y2 так і однаково з виходів по вибору.

Приклади схем підключення регулятора з різними зовнішніми пристроями наведені на рис.3.10 – 3.14. Вибір перерізу проводів кола навантаження підсилювачів визначається максимально припустимим струмом не більше 6 А/мм². Кола навантажень повинні бути захищені автоматом живлення або швидкодіючим запобіжником.

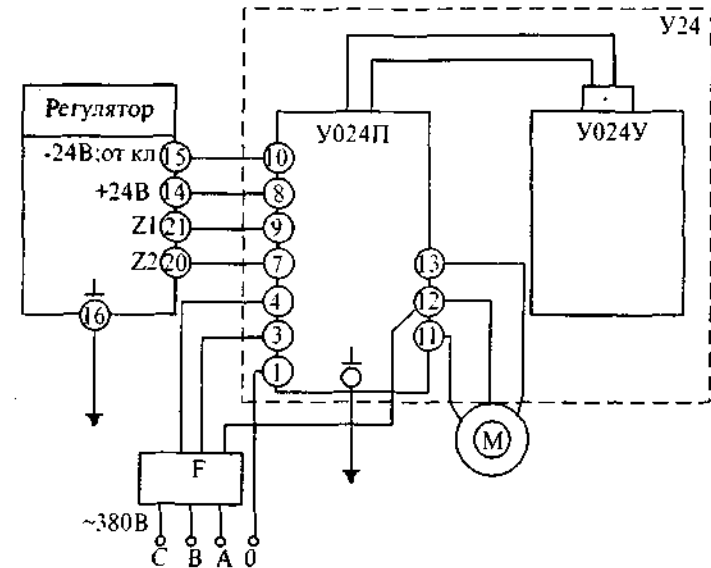


Рис.3.10. Схема підключення регулятора з підсилювачем У24:
- F автомат захисту типу АП50-3МТ;
- М трифазний синхронний електродвигун.

Згідно рис.3.11. підключення проводу "а" здійснюється у залежності від струму виконавчого механізму (ИМ). Якщо струм ИМ більше 0,1А, то підключення проводять до загальної точки обмоток ИМ, а якщо струм ИМ менше 0,1А – до клемми 14 підсилювача У300. Клеми 21 і 20 регулятора з'єднуються з клемми 9 і 7 відповідно підсилювача У300 за умов не використання зовнішнього ручного керування.

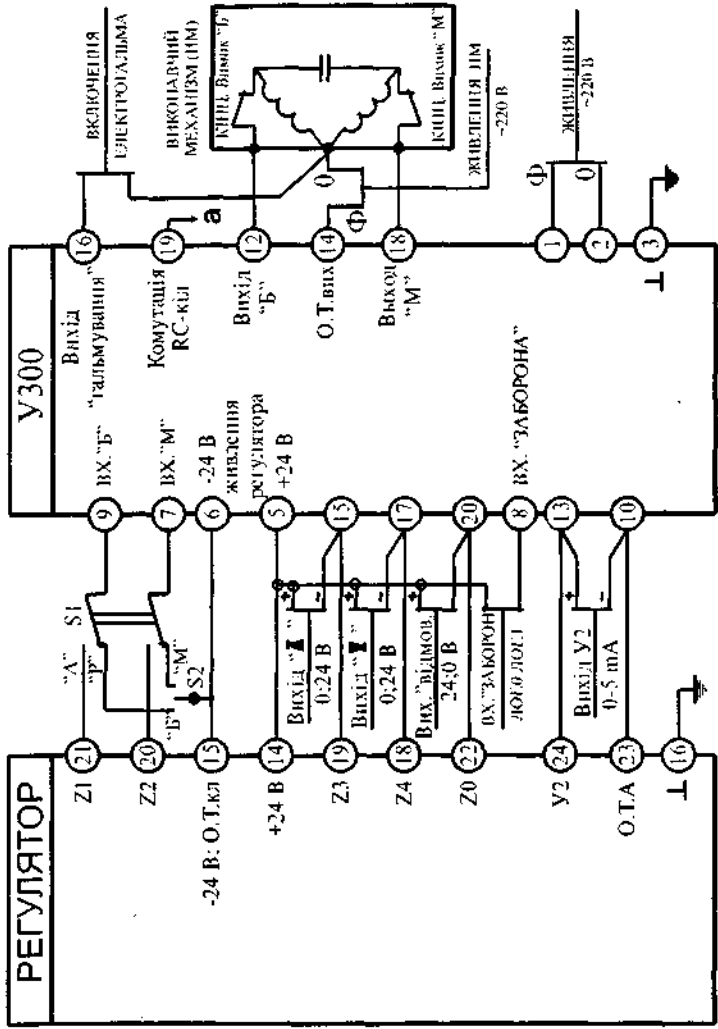


Рис.3.11. Схема підключення регулятора з підсилювачем У300.

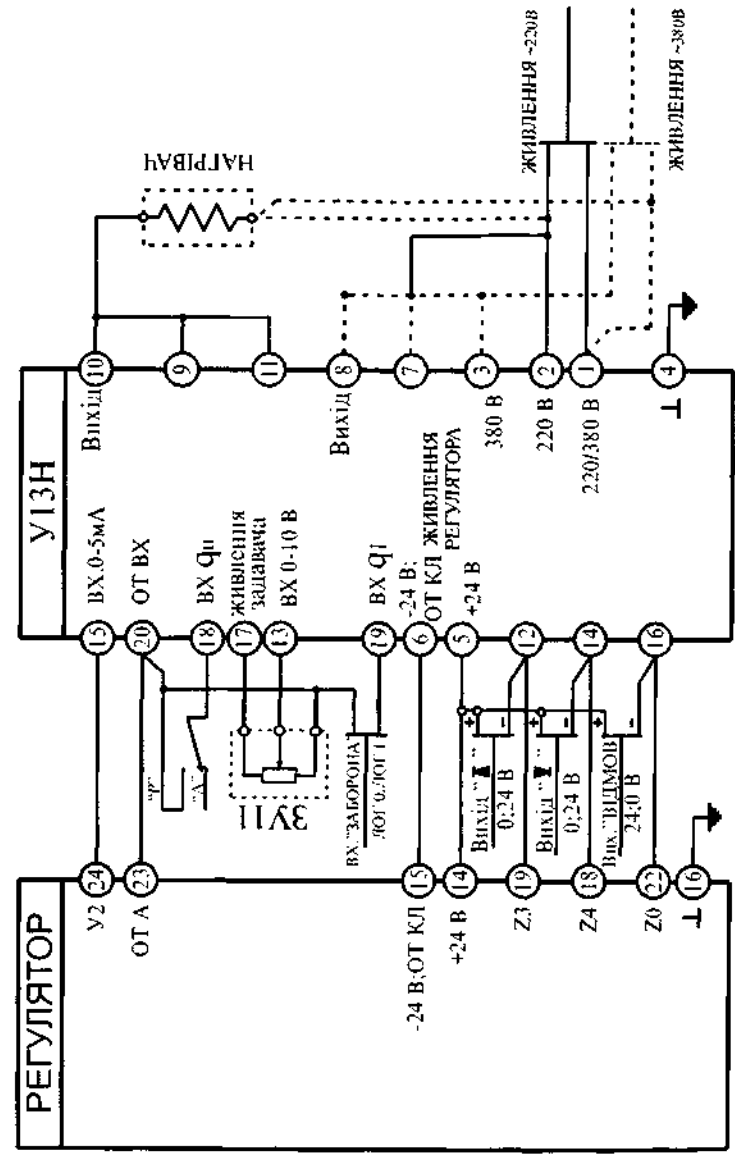


Рис.3.12. Схема підключення регулятора з підсилювачем У13Н.

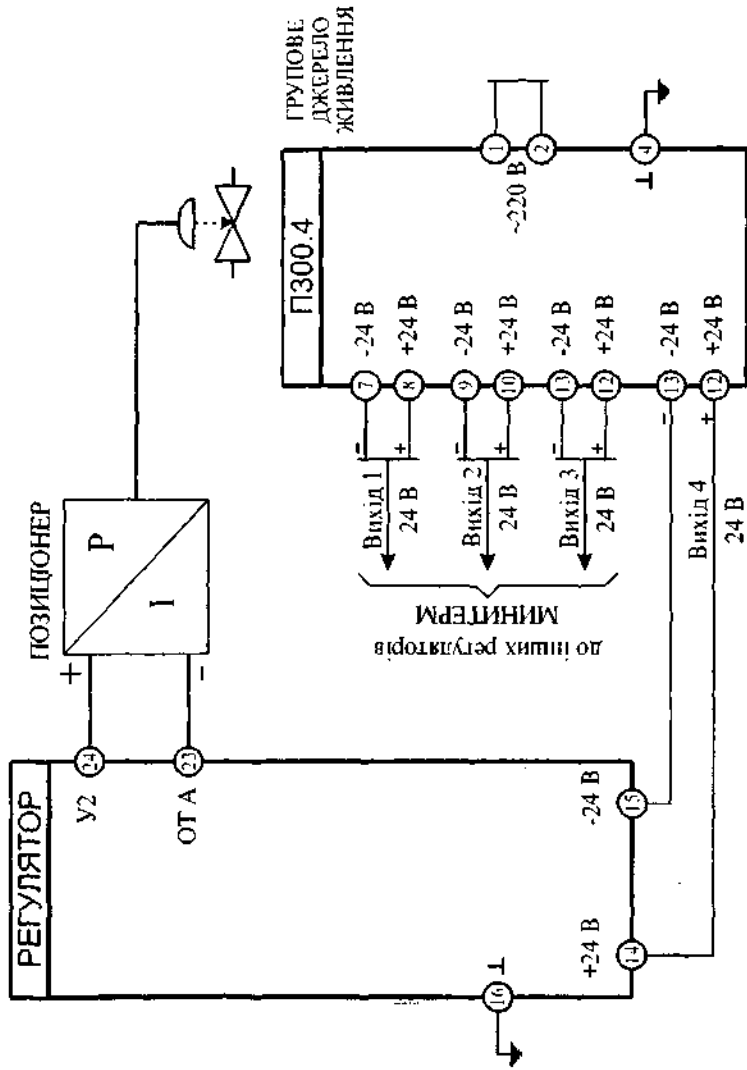


Рис.3.13. Схема підключення регулятора з електропневматичним позиціонером (перетворювач) і груповим джерелом живлення серії ПЗ00.

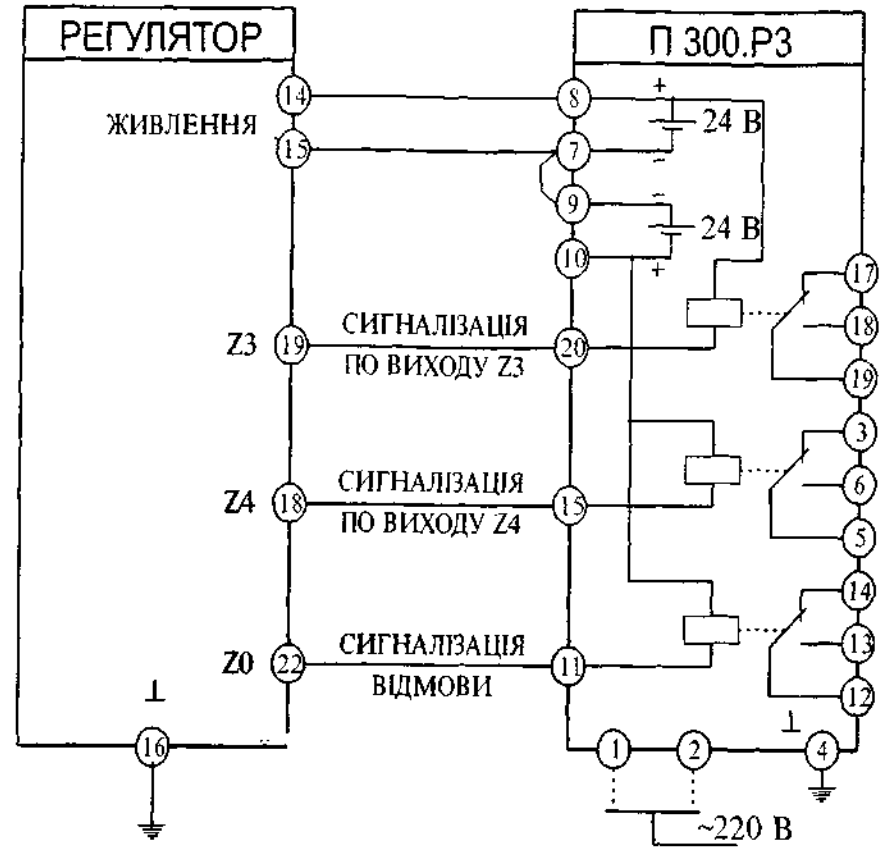


Рис.3.14. Схема підключення регулятора з груповим джерелом ПЗ00.РЗ

Клеми У300: 15, 17, 20, 13 і 10 – є вільними і використовуються як проміжні для підключення зовнішніх пристроїв. Максимальне сумарне навантаження на виходи “▲”, “▼” і “відмова” не менше 800 Ом

При підключенні за схемою, наведеній на рис.3.12, здійснена можливість організації ручного дистанційного керування підсилювачем У13Н незалежно від регулятора. Якщо такої необхідності немає, то клеми 13, 17 і 18 підсилювача У13Н залишаються вільними. Також у цьому підсилювачі вільними є клеми 12, 14 і 16, що можуть бути використані для підключення зовнішніх пристроїв.

При застосуванні у схемах керування пневматичних виконавчих пристроїв підключення регулятора здійснюють за схемою, що приведена на рис.3.13, з використанням групового джерела живлення П300.4. Схема підключення з джерелом П300.2 аналогічна, але останній має тільки два виходи (вихід 1 і вихід 2) для живлення регулятора. При цьому номери клем зберігаються.

Підключення регулятора з джерелом живлення П300.Р3 наведено на рис.3.14. Пристрій П300.Р3 має вмонтовані реле РР21-003, які мають наступну комутаційну спроможність: 1,2А змінного струму для 220В і 2,4А постійного струму для 24В. Підключення інший кіл регулятора здійснюється у відповідності зі схемою представленою на рис.3.5.

Споживча потужність приладу не перевищує 3,6Вт. У регуляторі передбачено резервне живлення від сухого елемента CR-2032(3,2В) з метою збереження інформації, що закладена наладинком, при зривах живлення у мережі. Маса приладу до 0,6 кг. Габаритні розміри: 48x96x161 мм.

Комплекс приладів МИНИТЕРМ 450 утворюють регулятори, основні модифікації яких у залежності від характеристик входів-виходів наведені у табл. 3.1.

Регулятори містять два цифро-символьних дисплея та програмний задавач (до 24-х дільниць) і дозволяють здійснювати дистанційне керування програмним задавачем та основними виходами. Можуть безпосередньо керувати однофазними електричними виконавчими механізмами, а також електронагрівачами через зовнішній оптосемістор. Мають шість входів для дискретних сигналів. Основна похибка вимірювання аналогових входних сигналів регуляторів складає (не більше): для сигналів 0-50 мВ постійного струму – 0,25%; для термометрів опору – 0,4%; для термопар з НСХ ХА(К), ХК(L), ПП(S) і ВР(А)-1 – відповідно 0,3%, 0,5% і 1%.

Вимірювальні кола підключаються за допомогою штепсельного 25-ти клемного роз'єму, а силові кола з'єднуються затискачами "під гвинт" (чотирнадцять клем). Живлення регулятора та умови застосування ідентичні приладам МИНИТЕРМ 400. Споживча потужність не перевищує 4,5 ВА. Маса приладу до 0,6 кг, габаритні розміри – 96x48x160мм.

Виготовник – ВАТ "Московський завод теплової автоматики" (МЗТА).

3.3. КОМПЛЕКС МІКРОПРОЦЕСОРНИХ РЕГУЛЯТОРІВ СЕРІЇ РТЭ.

Регулятори серії РТЭ застосовуються у автоматизованих системах керування в енергетичній, металургійній, хімічній, харчовій та інших галузях промисловості. Основне призначення цих приладів – це регулюван-

ня температури у електротермічному обладнанні (електродіодного опору, плавильні, контактного нагріву), а також для керування нагрівом газових печей. Основні моделі цих регуляторів, їх загальні характеристики та функціональні можливості наведені у табл.3.2.

Таблиця 3.1. Модифікації регуляторів МИНИТЕРМ 450.

Модифікація регулятора	Аналогові входні сигнали	Основні вихідні сигнали
МИНИТЕРМ 450.00.0	Шість входів для датчиків постійного струму 0-5, 0(4)-20мА, 0-50 мВ, 0-10В.	Один імпульсний вихід (два "сухих" ключа на 380В, 1А змінного струму. Один аналоговий вихід 0-5, 0(4)-20мА)
МИНИТЕРМ 450.00.1		Один імпульсний вихід (два "сухих" ключа на 380В, 1А змінного струму.
МИНИТЕРМ 450.22.0	По вибору: три, два або один вхід для термометрів опору з НСХ 50П, 50М, 100П, 100М.	Один імпульсний вихід (два "сухих" ключа на 380В, 1А змінного струму. Один аналоговий вихід 0-5, 0(4)-20мА)
МИНИТЕРМ 450.21.1	Можливо підключення датчиків постійного струму: два входи – замість другого і третього термоопору.	Один імпульсний вихід (два "сухих" ключа на 380В, 1А змінного струму.
МИНИТЕРМ 450.21.2		Один вихід ШИМ ("сухий" ключ на 48В, 0,15А постійного струму). Один аналоговий вихід 0-5, 0(4)-20мА)
МИНИТЕРМ 450.31.2	Один вхід для термопар по вибору: ХА(К), ХК(L), ПП(S), ВР(А)-1.	Один імпульсний вихід (два "сухих" ключа на 380В, 1А змінного струму.
МИНИТЕРМ 450.31.2	Два входи для датчиків постійного струму.	Один вихід ШИМ ("сухий" ключ на 48В, 0,15А постійного струму). Один аналоговий вихід 0-5, 0(4)-20мА)

Примітка: 1. Додатково регулятори всіх модифікацій мають три дискретних виходи ("сухі" ключі на 48В, 0,15А постійного струму) і вмонтоване джерело 24В постійного струму для живлення навантаження основних і додаткових виходів. 2. Модифікації МИНИТЕРМ 450.22.0 і 450.22.1 мають умонтований енергозберігаючий таймер-календар, а програмований задавач відсутній.

Живлення приладів здійснюється напругою змінного струму 220В частотою 50Гц, а споживча потужність складає 5ВА. За виходом регулятори виготовляються у трьох виконаннях (остання цифра у позначенні): 0 – імпульсний сигнал постійного струму до 0,5А і напругою до 30В для керування тиристорами по трьом фазам з включенням у нулі по кожній фазі; 1 – дискретний сигнал змінного струму до 2А напругою до 220В для керування магнітними пускачами; 2 – дискретний сигнал змінного струму до 2А напругою до 220В для керування електрорушійними виконавчими механізмами постійної швидкості. Діапазони зміни динамічних коефіцієнтів пропорційні K_p , постійних часу інтегрування $T_i(s)$ і диференціювання $T_d(s)$ складають від 0 до 2000. Межа припустимої додаткової похибки, що виникає із зміною температури навколишнього повітря від температури 20°C до будь-якої температури у межах від 5 до 50°C при зміні температури на кожні 10°C, дорівнює $\pm 0,1\%$ від діапазону для РТЭ-5.4 і $\pm 0,25\%$ для усіх інших моделей.

Регулятори розраховані для зануреного монтажу на вертикальних щитах і панелях. Кріплення до щита здійснюється за допомогою кронштейнів.

Регулятори призначені для експлуатації у приміщеннях з температурою навколишнього повітря від 5 до 50°C при відносній вологості до 80%. Умови впливу вібрації не повинні перевищувати частоти 35Гц і амплітуди 0,35 мм. Не дозволяється застосовувати у приміщеннях з підвищеним впливом концентрації пилу, бризок і води.

Виготовник – ТОВ фірма “ЕРГОС” (м. Харків).

Регулятор РТЭ-4.1 – призначений для виробки регульовального впливу за ПІД – алгоритмом керування. Метод керування – число-імпульсний з включенням у нулі по кожній фазі силових тиристорних елементів.

Регулятор забезпечує: регулювання температури за заданою програмою; цифрову індикацію поточної температури; значення уставок температури (за викликом); світлодіодну індикацію режиму роботи; номери поточного кроку програми; аварійного відключення; вихід на зовнішні пристрої для керування силовими тиристорами по трьом фазам з включенням у нулі по кожній фазі; закінчення роботи і аварійного відключення (перехід у режим “стоп”) у разі обриву термоперетворювача чи виході параметра за встановлені межі.

Загальний вигляд регулятора та його габаритно-установочні розміри наведені на рис.3.15.

Таблиця 3.2 Технічні характеристики мікропроцесорних регуляторів РТЭ. Харків

Позначення регулятора	Вид вихідного сигналу	Діапазон вимірювання і регулювання	Функціональні можливості		Додаткові можливості	Кількість				Тривалість по кожному кроку, хвилини	Маса не більше, кг	Габаритні розміри, мм	
			Загальні	Додаткові		Канали регулювання	Розряди АЦП/ЦАП	Температурно-часових кроків програм					
РТЭ-4.1-10	ТХА(К)	0-1200°C	За умов жорсткої структури конфігурування забезпечує регулювання за ПІД-алгоритмом широтно-імпульсною або число-імпульсною модуляцією; автоматичне відключення нагріву (роботи) по закінченні часу, встановленого таймером; цифрову	Позиційний алгоритм регулювання	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	6	7	8	9	10	11	40x96x150	43x96x150
РТЭ-4.1-11	ТХА(К)	0-600°C				1	8/0	12	0+250	1	1.2		
РТЭ-4.1-12	ТХХ(Л)	0-600°C	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	Позиційний алгоритм регулювання	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	6	7	8	9	10	11	40x96x150	43x96x150
РТЭ-4.1-20	ТХХ(Л)	0-600°C				1	8/0	12	0+250	1	1.2		
РТЭ-4.1-21	ТХХ(Л)	0-600°C	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	Позиційний алгоритм регулювання	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	6	7	8	9	10	11	40x96x150	43x96x150
РТЭ-4.1-22	ТХХ(Л)	0-600°C				1	8/0	12	0+250	1	1.2		
РТЭ-4.1-30	ТСМ	0-200°C	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	Позиційний алгоритм регулювання	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	6	7	8	9	10	11	40x96x150	43x96x150
РТЭ-4.1-31	ТСМ	0-200°C				1	8/0	12	0+250	1	1.2		
РТЭ-4.1-32	ТСМ	0-200°C	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	Позиційний алгоритм регулювання	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	6	7	8	9	10	11	40x96x150	43x96x150
РТЭ-4.1М-10	ТХА(К)	0-1200°C				1	8/0	12	0+250	1	1.2		
РТЭ-4.1М-11	ТХХ(Л)	0-600°C	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	Позиційний алгоритм регулювання	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	6	7	8	9	10	11	40x96x150	43x96x150
РТЭ-4.1М-12	ТХХ(Л)	0-600°C				1	8/0	12	0+250	1	1.2		
РТЭ-4.1М-20	ТПП(0)	0-1600°C	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	Позиційний алгоритм регулювання	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	6	7	8	9	10	11	40x96x150	43x96x150
РТЭ-4.1М-21	ТПП(0)	0-1600°C				1	8/0	12	0+250	1	1.2		
РТЭ-4.1М-22	ТПП(0)	0-1600°C	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	Позиційний алгоритм регулювання	Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання.	6	7	8	9	10	11	40x96x150	43x96x150
РТЭ-4.1М-22	ТПП(0)	0-1600°C				1	8/0	12	0+250	1	1.2		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
РТЭ-4.1М-30 РТЭ-4.1М-31 РТЭ-4.1М-32	ТСМ ТСП Постійний струм	0+200°C 4+20, 0+5mA	індикацію поточно-го параметра, параметрів завдання (за викликом) і уставок (значень кроків програми); світлодіодну індикацію режиму роботи, вихідну частоту на виконавчий пристрій, аварійного відключення, керування тиристорними імпульсними сигналами постійного струму, магнітним пускачем, електричними виконавчими пристроями постійної швидкості.	-/-	1	16/10	24	0+5999	1.2	43×96×150
РТЭ-4.4-10 РТЭ-4.4-12	ТХА(К) ТХК(Л)	0+1200°C 0+600°C		Позиційний алгоритм регулювання	4	8/0	-	-	2	80×140×160
РТЭ-4.4-20 РТЭ-4.4-22	ТСМ	0+200°C		Позиційний алгоритм регулювання; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання	8	10/0	-	-	2	80×140×160
РТЭ-4.4М-10 РТЭ-4.4М-12	ТХА(К) ТХК(Л)	0+1200°C 0+600°C		Інтерфейсний зв'язок RS485 чи RS232; вільна структура конфігурування; можливість підключення спеціалізованого табло для індикації значень параметрів регулювання	4	16/10	24	0+5999	1.5	170×85×200
РТЭ-4.4М-20 РТЭ-4.4М-22	ТСМ ТСП	0+200°C								
РТЭ-5.4-10 РТЭ-5.4-11 РТЭ-5.4-12	ТПП10 ТХА(К) ТХК(Л) Постійний струм	0+1600°C 0+1200°C 0+600°C 4+20, 0+5mA								

Примітка: точність індикації часу - (±) 1хвил.; точність індикації температури для приладів РТЭ-4.1, РТЭ-4.1М, РТЭ-4.4 і РТЭ-5.4 відносно складає - 0,5%, 0,2%, 0,5% і 0,15% від діапазону виміру; параметри конфігурування - сигнали, що надходять на входи, метод керування зовнішніми пристроями (ШИМ, ЧИМ, 4-20, 0-5 mA), закон регулювання (ПД, адаптивний з елементами FUZZY-logic).

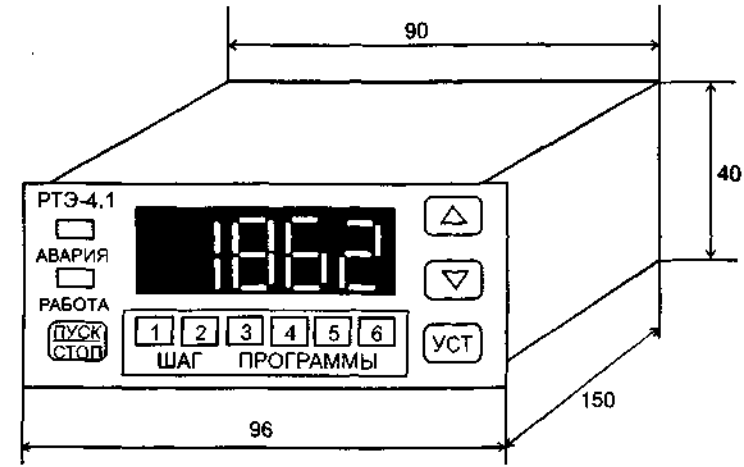


Рис.3.15. Загальний вигляд регулятора РТЭ-4.1.

Згідно з рис.3.15 на лицьовій панелі розташовані: чотиризначне інформаційне табло; світлодіодні індикатори стану процесу регулювання (крок програми); світлодіодні індикатори стану "робота" і порушення температурного режиму "Аварія"; кнопки вводу уставок ("більше ">", менше "<") і керування регулятором "ПУСК/СТОП".

На задній панелі (див.рис.3.16) розташовані колодки для підключення регулятора до зовнішніх пристроїв і гвинт заземлення.

Регулятор складається з вхідного пристрою, центрального процесора, індикатора і вихідного пристрою. Вхідний пристрій містить: підсилювач сигналу термоперетворювача ТП, схему компенсації температури холодного спаю або генератора струму живлення ТП опору.

Вхідні сигнали від термоперетворювачів, що надходять на вхід регулятора, підсилюються підсилювачами. Далі цей сигнал перетворюється у низькочастотний і через схему гальванічного розв'язування прямує на вхід мікроконтролера. Мікроконтролер вимірює вхідну частоту і обчислює температуру термоперетворювачів з урахуванням температури холодного спаю (для термоелектричних перетворювачів) та виводить сигнали керування на зовнішній пристрій (симістор), синхронізовані по фазі з частотою мережі живлення. Вихідні пристрої по сигналах "ПУСК/СТОП" і "Кінець роботи" містять у якості ключових елементів симістори типу ТС-106 – для керування зовнішніми пристроями, підключених до клем 4, 5 колодки ХТ2 (рис.3.16).

Джерело живлення регулятора має стабілізовані гальванічно розв'язані напруги величиною 5В і ± 15В для живлення схеми керування та 9 В – для живлення вихідних симісторів.

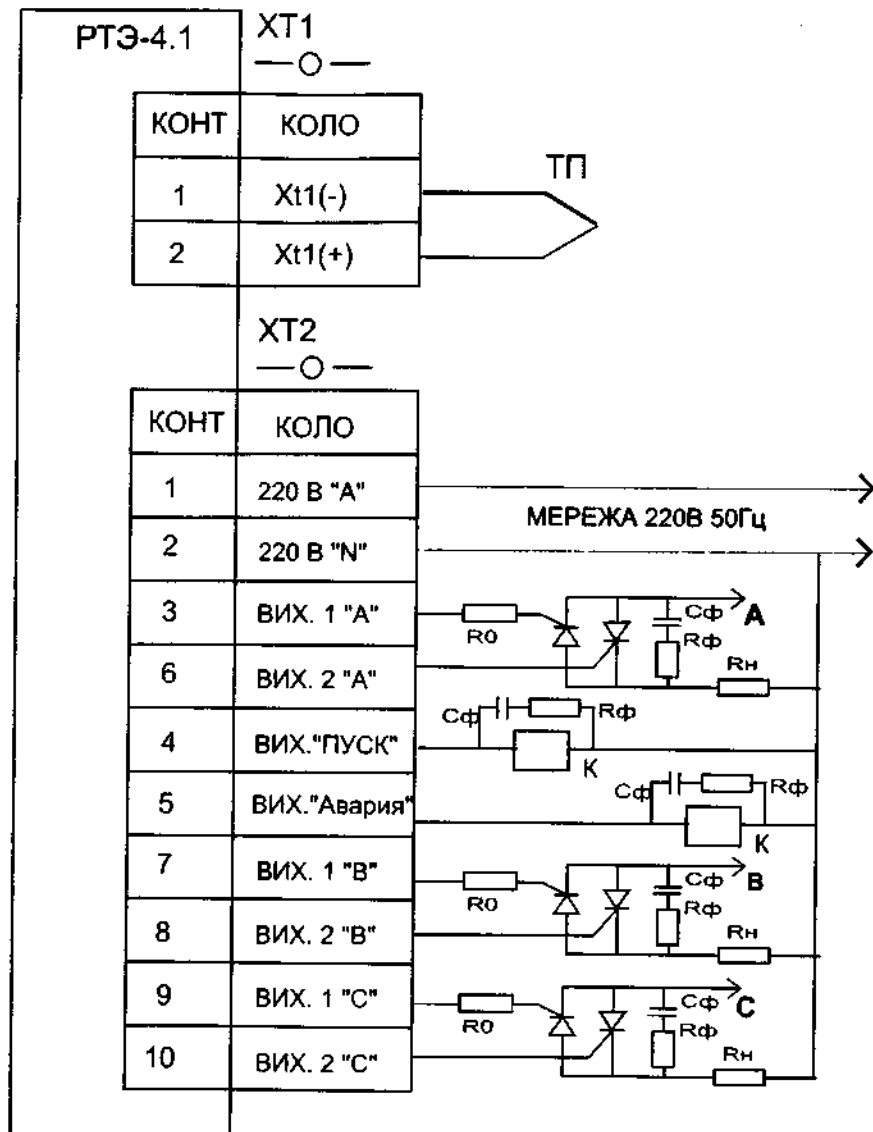


Рис.3.16. Схема підключення зовнішніх пристроїв до регулятора РТЭ-4.1: $C_{\phi} = 0,47\text{мкФ}$, 630В; $R_{\phi}(C2 - 33 - 2) = R_0 = 100\ \text{Ом}$.

Регулятор РТЭ-4.1М також призначений для виробки регульованого впливу за ПІД – алгоритмом керування. Габаритно-установочні розміри регулятора ідентичні наведеним на рис.3.15. Регулятор забезпечує: виробку імпульсних сигналів за ПІД алгоритмом керування у відповідності із заданою програмою; цифрову індикацію поточного значення температури, значення уставки (за викликом); поточного кроку програми; значення параметрів регулювання (за викликом); світлодіодну індикацію режиму роботи, видачі сигналу на виконавчі пристрої, аварійного відключення; вихід на зовнішні пристрої сигналу постійного струму $0 + 5\text{мА}$ по каналу регулювання; керування тиристорними вихідними елементами, колами аварійної сигналізації, стану регулятора (ПУСК/СТОП), керування виконавчими механізмами (у відповідності з виконанням $0 + 2$); зв'язок з ПЕОМ за інтерфейсом RS485.

Розташування і призначення індикаторів та кнопок керування на лицьовій панелі ідентично попередньому регулятору. На задній панелі регулятора розташовані колодки ХТ1 і роз'єм XS1 для підключення регулятора до зовнішніх пристроїв (див.рис.3.17).

Загальний устрій регулятора майже не відрізняється від РТЭ4.1. Але на відміну від нього вхідні сигнали від термоперетворювачів подаються на 16-ти розрядний багатоканальний АЦП, виконаний на базі мікросхеми AD7706. До того ж джерело живлення видає стабілізовані гальванічно розв'язані напруги величиною 5В – для живлення схеми керування і лінії зв'язку RS485, 15В – для живлення вхідного пристрою.

Регулятор температури РТЭ-5.4 призначений для керування виконавчими електрорушійними механізмами типу МЕО шляхом виробки регульованого впливу за ПІД-алгоритмом. Регулятор забезпечує: виробку керуючого впливу, на три виконавчі механізми за ПІД-алгоритмом; цифрову індикацію поточної температури, поточного номера кроку програми, типу аварії, значень налаштовувальних коефіцієнтів (за викликом); світлодіодну індикацію режиму роботи, аварійної ситуації, стану виконавчих механізмів, сигналів керування виконавчими механізмами, аварійного відключення; зв'язок із зовнішніми пристроями по вхідних сигналах (термоперетворювачі, струмові входи по витратам, контактні входи стану МЕО і готовності) і вихідних сигналах (керування трьома виконавчими механізмами МЕО, постійного струму $0 + 5\text{мА}$ для реєстрації поточної температури, контактні виходи "Аварія" і "Робота", інтерфейсний – RS485).

На лицьовій панелі розташовані: шестизначне інформаційне табло; світлодіодна індикація стану виконавчих механізмів; світлодіодний індикатор стану "Робота" і порушення режиму регулювання "Аварія"; кнопки уводу уставок і керування регулятором "ПУСК/СТОП", більше ">" та менше "<".

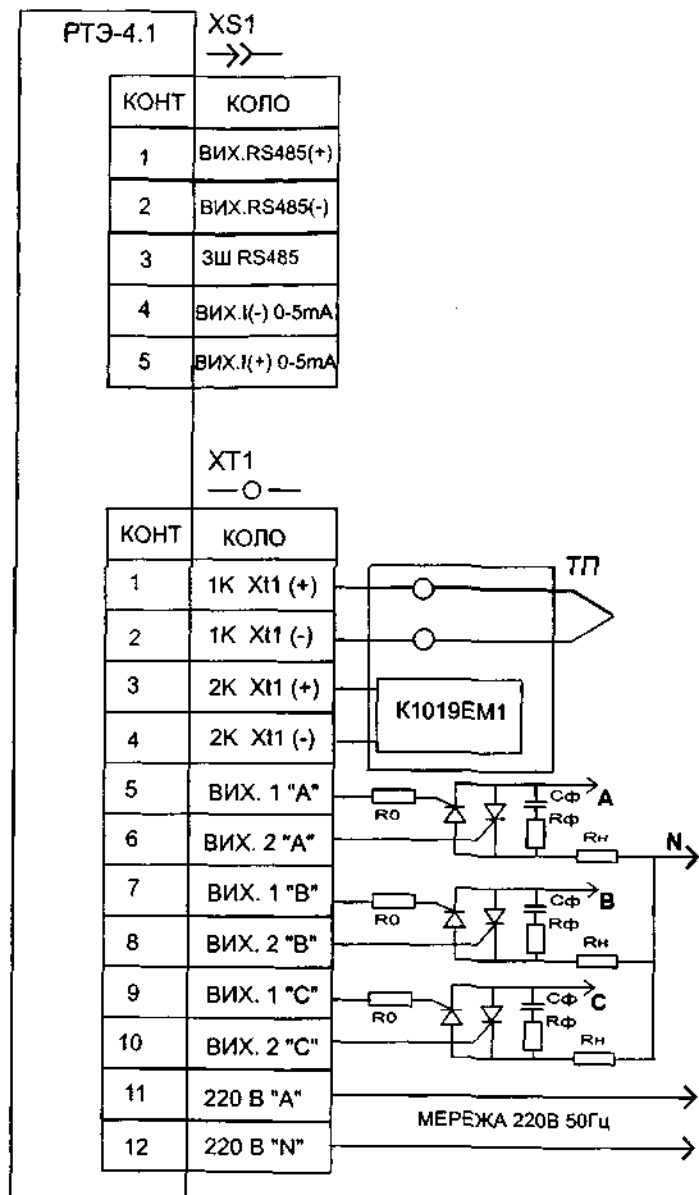


Рис.3.17. Схема підключення зовнішніх пристроїв до регулятора РТЭ-4.1М.

На задній панелі регулятора розташовані запобіжник FU1 на 5А, колодки для підключення регулятора до зовнішніх пристроїв ХТ1 і ХТ2.

Згідно схеми підключень (див.рис.3.18) регулятор здійснює регулювання температури у печі шляхом керування заслінкою подачі природного газу. При цьому подача повітря ведеться за рахунок умонтованого пропорціоналізатора з можливістю зміни пропорції по кожному кроку програм. У випадку перевищення температури відносно завдання регулювання може проводитись шибером (подача повітря) при закритих повітряних і газових заслінках. Закінчення роботи регулятора (команда "СТОП") передбачає перехід заслінок в початковий стан: МЕО подачі газу – закривається, а МЕО подачі повітря крізь заслінку і шибер – відкриваються.

По каналу RS485 з ПЕОМ у регуляторі можна у разі необхідності змінювати конфігурування.

3.4. МІКРОПРОЦЕСОРНІ РЕГУЛЯТОРИ МІК та МТР.

Мікропроцесорні регулятори МІК та МТР представляють собою новий клас сучасних компактних малоканальних контролерів, потужних і універсальних у використанні, але одночасно простих з погляду програмування (конфігурації), обслуговування та експлуатації. Кліматичне виконання дозволяє застосовувати у приміщеннях з температурою навколишнього повітря від 5 до 50°C і відносній вологості до 80%. Живлення здійснюється напругою змінного струму 220В і частотою 50Гц. Споживча потужність не перевищує 8 Вт. Технічні характеристики цих приладів зведені до табл.3.3.

Габаритні розміри: 96×96×165 мм. Прилади призначені для щитового монтажу.

Виготовник – підприємство "Мікрол" (м. Івано-Франківськ).

Мікропроцесорні регулятори МІК-2 призначені для виміру і контролю вхідних параметрів, а також управління виконавчими пристроями різних типів відповідно до заданої логіки, та роботи по відповідним законам регулювання. Вони містять два незалежні регулятори і мають програмовану функцію логіки виходу, а також можливість вибору закону регулювання: 2-х позиційне регулювання, 3-х позиційне регулювання, П, ПІ, ПД, ПІД – регулювання з імпульсним виходом. Оснащені гальванічно розділеним інтерфейсом RS485 (протокол MODBUS), що дозволяє використовувати прилад у якості віддаленого мікроконтролера при роботі у сучасних мережах управління та збору інформації. Кожен вхід гальванічно розв'язаний від інших входів та інших кіл.

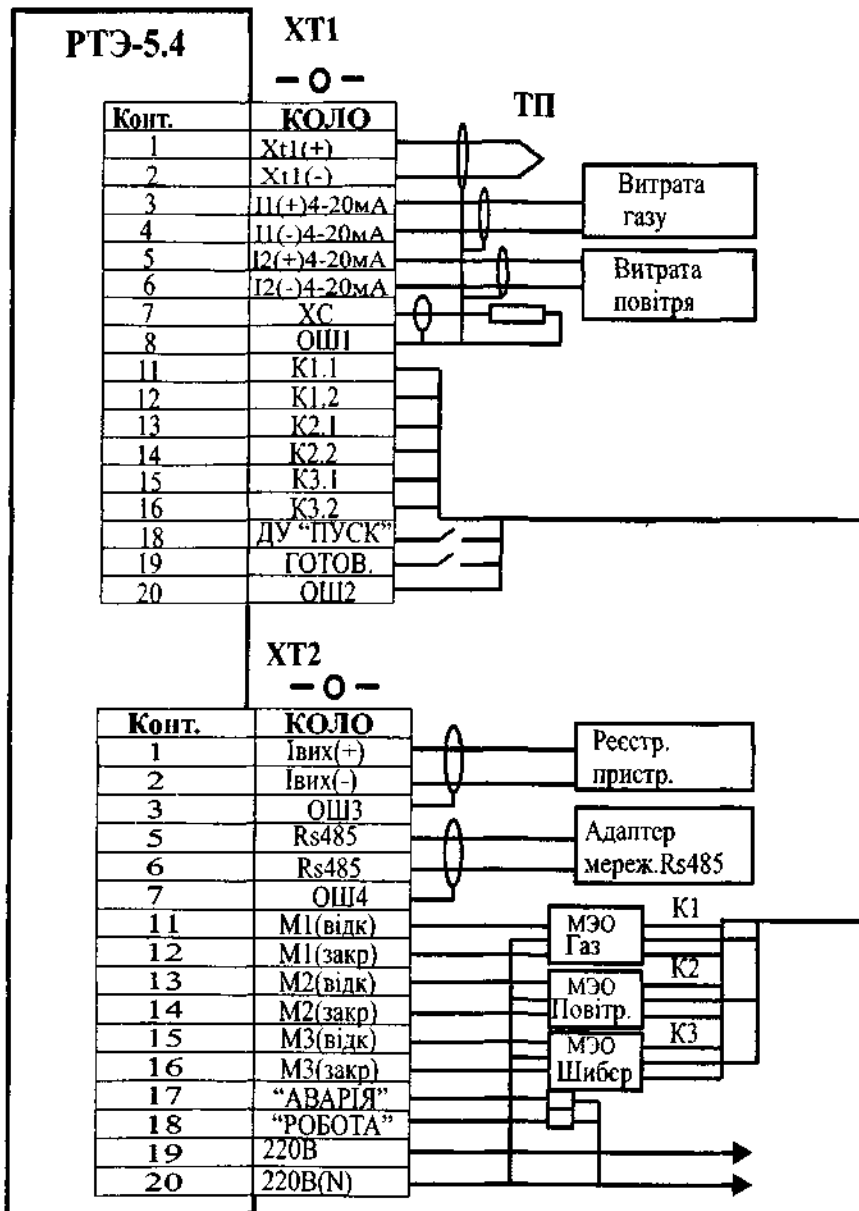


Рис.3.18. Схема підключення зовнішніх пристроїв до регулятора РТЭ-5.4.

Таблиця 3.3. Технічні характеристики мікропроцесорних регуляторів МІК та МТР.

Найменування показника	Тип мікропроцесорного регулятора			
	МІК-2	МІК-21	МТР-8	
Кількість аналогових входів	2	2	8	
Вид аналогового вхідного сигналу (опір вхідний)	0 + 10В (27кОм), 0 + 5мА (100Ом), 0 + 20мА (100Ом), 4 + 20мА (400Ом)		ТСМ (НСХ100М), ТСП (НСХ100П)	
Діапазон вимірювання температури по входу, °С	-	-	-50 + 180 -100 + 750	
Максимальна похибка АЦП, ± %	0,25	0,2	0,25	
Час вимірювання, с	0,5			
Тип виходу (за виконанням)	Дискретний або імпульсний	Транзисторний ключ ВК* або релейний вихід на напругу 220В і струм 8А		
	Аналоговий	-	0 + 5мА (R _н =2,5кОм) 0 + 20мА (R _н =1кОм) 4 + 20мА (R _н =1кОм)	
Кількість виходів	Дискретних (імпульсних)	2(2)	4(2)	8
	аналогових	-	2	-
Максимальна похибка ЦАП, ±%	-	0,5	-	
Маса блоку, кг	1	1	0,9	
Примітка: R _н – опір зовнішнього навантаження, ВК – відкритий колектор				

Мікропроцесорні регулятори МІК-21 призначені для застосування у системах автоматичного керування технологічних процесів з реалізацією 2-х, 3-х позиційних алгоритмів, П, ПІ, ПД, ПІД – алгоритмів керування з імпульсним або аналоговим виходом. Внутрішня програмна пам'ять контролера містить велику кількість стандартних функцій, необхідних для ви-

рішення більшості інженерних прикладних задач. Контролери не вимагають від користувача спеціальних знань та навиків програмування, дуже гнучкі у практичній роботі за рахунок можливості швидкої зміни конфігурації. Конфігурування здійснюється через передню панель приладу або через гальванічно розділений інтерфейс RS485 (протокол MODBUS), що дозволяє використовувати прилад у якості віддаленого контролера при роботі у сучасних мережах управління та збору інформації. Параметри конфігурації контролера зберігаються в енергонезалежній пам'яті і він здатний відновити виконання задач керування після переривань напруги живлення.

Мікропроцесорні терморегулятори МТР-8 можуть використовуватись в якості: 8-ми каналних вимірювачів температури; 8-ми каналного сигналізатора виходу параметра за припустимі границі; 8-ми каналного приладу захисного відключення по температурі; 8-ми каналного двопозиційного регулятора температури. Кожен з 8-ми каналів може виконувати будь-яку з вищенаведених функцій при відповідній переконфігурації терморегулятора.

Внутрішня схема вимірювань температури має високу захищеність від перешкод і дозволяє підключати до МТР-8 датчики ТСМ по 3-х та 4-х провідній схемі включення, у залежності від виконання приладу. У випадку обриву чи короткого замикання датчика, при перевищенні температури для даного типу датчика, а також при досягненні поточного температурного заданого значення в будь-якому з каналів – прилад подає сигнал аварії. При цьому на передній панелі засвічується відповідний світлодіод, а вихідний транзисторний ключ відповідного каналу змінить своє положення. У приладі застосована групова (по всіх входах) гальванічна розв'язка аналогових входів від інших кіл.

3.5. КОМПЛЕКС МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ПРИЛАДІВ ПРОТАР.

Прилади цього комплексу є універсальними та багатофункціональними і призначені для застосування у різних галузях промисловості. Деякі технічні характеристики приладів комплексу ПРОТАР зведені до табл.3.5. Основні функціональні можливості приладів ПРОТАР: гальванічне розділення чотирьох аналогових вхідних сигналів і двох дискретних вхідних сигналів один від одного та від інших сигналів; безударне перемикавання режимів керування з автоматичного на ручне і навпаки; ручне керування пультом оператора та з верхнього рівня АСКТП; цифрова індикація сигналів і параметрів. Для реалізації вільно програмуємої структури існують спеціальні функції (алгоритми), які у більшості випадків можуть використовуватись багатократно.

Таблиця 3.5. Технічні характеристики регулювальних приладів комплексу ПРОТАР.

Найменування показника	Модифікація приладу							
	100	110	101	111	102	112	120	130
Кількість вхідних дискретних сигналів	11	10	11	10	11	10	11	10
Кількість вхідних аналогових сигналів	6							
Діапазон вхідного аналогового сигналу	0-10 В (постійний струм)				0-10 В, 0-5, 0(4)-20мА (постійний струм)			
Величина дискретного (імпульсного) вхідного сигналу	0 і 24 (постійний струм) чи зміна стану безконтактного ключа							
Кількість функцій вільного програмування	38		60		60		47	
Наявність жорсткої структури	присутня						відсутня	
Умонтоване автоматичне налаштування параметрів ПІД регулятора методом аналізу автоколевань	Відсутнє (можливе програмування)		Полуавтоматичне налаштування				Повністю автоматичне налаштування	
Маса приладу, кг	2,6	3,1	2,6	3,1	2,6	3,1	2,6	3,1
Примітка: увід аналогових струмових сигналів здійснюється через пристрої ВТ 05/2 і ВН 10/2; вага приладів мод. 110, 111, 112, 130 наведена разом з пультом оператора.								

Найчастіше прилади цього комплексу у режимі вільного програмування виконують: регулювання у відповідності з П, ПД, ПІ, ПІД – алгоритмом по двом незалежним каналам з імпульсним виходом і одному каналу з аналоговим виходом, обчислення сигналів розузгодження, завдання та інших проміжних сигналів алгоритму; селектування, переключення і відключення сигналів; уведення в алгоритми регулювання додаткових стати-

чних і динамічних, лінійних і нелінійних ланок; автоматична зміна будь-яких параметрів і перенастроювання алгоритму приладу за бажанням користувача; формування сигналів програмного задавача з кількістю кроків програми до 100 дільниць, програмне регулювання; каскадне регулювання; формування сигналу аварійної сигналізації відмови системи регулювання за сформованим споживачем алгоритмом, у тому числі захист від обриву у колі датчика; індикація будь-яких параметрів у зручних для користувача розмірностях.

За допомогою кнопок і індикаторів вмонтованих у прилад чи з'єднаного з приладом винесеного пульта здійснюється початкова установка, зміна і індикація параметрів, індикація вхідних сигналів, програмування структури приладу, а також діагностика, індикація і сигналізація відмов приладу. На замовлення, виготовником поставляється для приладів спеціальне програмне забезпечення для ПЕОМ.

Живлення приладів здійснюється від мережі змінного струму напрутою 220В і частотою 50 чи 60 Гц. Споживча потужність не більше 10ВА. Габаритні розміри приладу і зовнішнього пульта оператора відповідно складають (мм): 120х60х32; 130х60х32.

Виготовник – ВАТ “МЗТА” (м. Москва)

3.6. КОМПЛЕКС МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ПРИЛАДІВ Р-130.

Реміконт Р-130 є малоканалним багатофункціональним мікропроцесорним контролером (МК), що призначений для автоматичного регулювання і логічного керування технологічними процесами в різних галузях промисловості. Завдяки його малоканалності забезпечується економічне керування невеликими агрегатами і висока живучість складних систем керування. МК мають до 28 аналогових і дискретних входів – виходів і оснащені інтерфейсним каналом цифрового послідовного зв'язку. За допомогою Р-130 можна реалізувати одноконтурні, каскадні, програмні, супервізорні й багатозв'язкові АСР, а також системи логіко – програмного керування з послідовною дією команд. Випускаються три моделі Р-130: регулювальна (мод.01), логічна (мод.02) і безперервно – дискретна (мод.23).

Регулювальна модель, призначена для вирішення завдань автоматичного регулювання, дає змогу виконувати локальне, каскадне, програмне, супервізорне, багатозв'язкове керування. Завдяки структурі цієї моделі можна вручну чи автоматично вмикати, вимикати, перемикаєти та реконфігурувати контури регулювання. Крім того, всі ці операції виконуються безударно, незалежно від складності структури керування. У поєднанні з обробкою дискретних сигналів ця модель дозволяє виконувати також логічні

перетворювання сигналів і видавати не лише аналогові чи імпульсні, а й дискретні команди керування.

За допомогою регулювальної моделі можна реалізувати до чотирьох незалежних контурів регулювання, кожний з яких може бути локальним чи каскадним, з аналоговим чи імпульсним виходом, з ручним, програмним чи супервізорним задавачем. Модель уміщує 76 зашитих у постійній пам'ятовуючій пристрій (ПЗУ) алгоритмів безперервної і дискретної обробки інформації, до яких входять алгоритм ПІД – регулювання, математичних, динамічних, нелінійних, аналого – дискретних і логічних перетворювань. Крім того, є 99 алгоблоків з можливістю вільного їх заповнення різними алгоритмами з бібліотеки і конфігурування алгоблоків між собою та з входами – виходами МК. На базі цієї моделі можна здійснювати ручне встановлювання чи автопідстроювання будь – яких коефіцієнтів настроювання в різних алгоритмах, безударну зміну режимів керування і безударне вмикання, вимикання, перемикаєти та реконфігурування контурів регулювання будь – якого ступеня складності, оперативне керування контурами регулювання за допомогою 12 клавіш, двох чотирирозрядних цифрових індикаторів і набору світлодіодів, які дають змогу змінювати режими, встановлювати завдання, керувати виконавчими механізмами (ІМ), контролювати сигнали, індициувати аварійні ситуації, вибирати необхідну програму при програмному регулюванні, запускати, зупиняти і скидати програми, переходити до наступних ділянок програм, а також контролювати хід виконання програм.

Логічна модель, призначена для реалізації логічних програм крокового керування, дає змогу формувати логічну програму крокового керування з аналізом умов виконання кожного кроку, завдання контрольного часу на кожному кроці та з умовним чи безумовним переходом програми до заданого кроку. В поєднанні з обробкою аналогових сигналів ця модель дає змогу виконувати також різноманітні функціональні перетворювання аналогових сигналів і виробляти не лише дискретні, а й аналогові керуючі сигнали. За допомогою логічної моделі можна реалізувати чотири незалежні логічні програми крокового керування, кожна з яких може бути лінійною (що послідовно виконується крок за кроком) чи розгалуженою з безумовним чи умовним переходами. Ця модель дозволяє здійснювати до 87 етапів програми з можливістю реалізації на кожному етапі до 20 кроків. При цьому на кожному кроці задаються умови його виконання, контрольний час, протягом якого аналізуються умови, і визначається поведінка програми у випадку, коли ці умови не виконуються. Інші можливості моделі в основному аналогічні попередній.

Безперервно – дискретна модель призначена для вирішення змішаних завдань регулювання та логіки і дає змогу виконувати різноманітні перетворювання як аналогових, так і дискретних сигналів.

За допомогою цієї моделі можна реалізувати: одну логічну програму крокового керування, що вміщує до дев'яти кроків; чотири контури регулювання з аналоговим виходом чи вісім контурів імпульсного або позиційного регулювання. Інші функціональні можливості моделі аналогічні в основному попереднім.

Усі моделі Реміконту Р-130 містять засоби оперативного керування, розміщені на лицьовій панелі контролера, за допомогою яких можна вручну змінювати режими роботи, встановлювати завдання, керувати ходом виконання програм, вручну керувати виконавчими пристроями, контролювати сигнали та індикувати помилки. Стандартні аналогові й дискретні датчики, виконавчі пристрої підмикаються до Р-130 за допомогою індивідуальних кабельних зв'язків.

Реміконт Р-130 можуть об'єднуватися в локальну керуючу мережу "транзит" кільцевої конфігурації без застосувань якихось допоміжних пристроїв. В одну мережу можуть вмикатись як однакові, так і різні моделі контролерів. Через мережу контролери можуть обмінюватись інформацією в цифровій формі по витій парі проводів. За допомогою шлюзу, що входить до складу Р-130, мережа "Транзит" може взаємодіяти з будь-яким зовнішнім абонентом (наприклад, ЛЕОМ), що має інтерфейс ІРПС чи RS-232С.

Реміконт Р-130 – це програмований пристрій. Процес програмування простий і зводиться до того, що натисканням кількох клавiш у певній послідовності з бібліотеки, яка зашита в ПЗУ, витягуються потрібні алгоритми. Ці алгоритми потім об'єднуються в систему заданої конфігурації і в них встановлюються необхідні параметри настроювання.

При відімкненні живильної напруги запрограмована інформація зберігається за допомогою вмонтованої батареї. Запрограмована інформація може бути записана у програмований пристрій ПЗУ (ППЗУ).

Склад мікроконтролера являє собою цілий комплекс технічних засобів. До його складу входить центральний мікропроцесорний блок контролера (БК) і низка допоміжних блоків. У табл. 3.5 наведено перелік блоків, що входять до складу Р-130.

Найменування моделі блока БК дає найменування Р-130 в цілому. Центральний блок перетворює аналогову і дискретну інформацію в цифрову форму, обробляє цифрову інформацію та виробляє керуючі впливи. Допоміжні блоки використовуються для попереднього підсилення сигналів термопар і термоопорів, формування дискретних вихідних сигналів напругою 220 В, організації зовнішніх перемикачів і блокування та ін.

В Р-130 вмонтовано розвинуті засоби самодіагностики, сигналізації та ідентифікації несправностей, в тому числі при відмові апаратури, виході сигналів за припустимі межі, збої в оперативному запам'ятовуючому пристрої (ОЗУ), порушенні обміну по кільцевій мережі. Для дистанційної передачі інформації про відмову передбачено спеціальні дискретні виходи. Р-130 розрахований на щитовий та навісний монтаж.

Виготовник – ВО "Промприлад" (м. Івано-Франківськ), приладобудівний завод (м. Полтава).

Таблиця 3.5 Склад технічних засобів комплексу Реміконт Р-130.

Найменування	Позначення	Споживча потужність, ВА	Маса, кг	Габаритні розміри, мм
Блок контролера	БК-1	9	3	160x80x365
Пульт настроювання	ПН-1	-	0,35	168x81x36
Блок живлення	БП-1	15	1,8	133x100x137
Підсилювач для термопар	БУТ-10	2	0,6	133x40x146
Підсилювач для термоопорів	БУС-10	2	0,6	133x40x146
Підсилювач потужності	БУМ-10	80 мА - кожний індивідуальний вхід; 320 мА - груповий вхід; 6 мА - вхід "заборони".	0,7	133x40x146
Блок перемикачів	БПР-10	48 мА - груповий вхід; 6 мА - кожний інший вхід.	0,6	133x40x130
Блок шлюзу	БШ-1	9	3	160x80x365
Блок стирання	БСТ-1	60	9	360x130x320
Резистори нормувальні	РН-1	-	-	-
Міжблоковий з'єднувач	МБС	-	-	-
Клемно-блочні з'єднувачі	КБС-1	-	0,4	133x40x77
	КБС-2	-	1	133x110x77
	КБС-3	-	1	133x110x77
Клемна колодка	КБС-0	-	0,35	133x40x77

Блок контролера БК-1 є центральним блоком і виконує такі функції: пряме і зворотне перетворення аналогових і дискретних сигналів у цифрову форму; обробку інформації, що надходить згідно з потрібними алгоритмами керування, які об'єднані в систему заданої конфігурації; вироблення дискретних аварійних сигналів; оперативний контроль і керування за допомогою клавіш та індикаторів, розміщених на лицьовій панелі блоку.

Блок БК-1 складають основна і змінна частини. До основної частини блоку входять модуль контролю і програмування (МКП), модуль процесора (ПРЦ), що має безпосередній зв'язок з акумуляторною батареєю, і модуль стабілізованої напруги (МСН), що забезпечує живленням увесь контролер. Змінну частину утворюють два модулі пристроїв зв'язку з об'єктом УСОА і УСОБ, куди може входити одна з трьох модифікацій модулів УСО: модуль аналогових сигналів (МАС), модуль аналогових і дискретних сигналів (МДА), модуль дискретних сигналів (МСД). Виконання лицьової панелі (ПЛ) блоку залежить від виду бібліотеки алгоритмів керування.

Модель блока контролера, що розрахована на автоматичне регулювання, має лицьову панель, зображену на рис. 3.19.

Лицьова панель призначена для оперативного керування контурами регулювання і містить світлодіодні лампові індикатори (ЛИ), світлодіодні цифрові індикатори (ЦИ), шкальний індикатор і клавіатуру. У верхній частині 3 ПЛ розміщені п'ять ЛИ, що контролюють помилки. Однорозрядний ЦИ (контур) 1 показує номер контуру, з яким працює оператор. На чотирирозрядний ЦИ (завдання) 4 виводиться сигнал завдання. Сім ЛИ в групі (види контролю) 6 вказують, яка інформація виводиться на нижній 5 чотирирозрядний ЦИ. Шкальний індикатор 7 (вихід) має 21-ламповий індикатор і показує значення сигналу на виході контуру чи положення виконавчого механізму. Два ЛИ "∇" і "Δ" у цій групі 7 сигналізують про роботу імпульсного регулятора в напрямку "менше" чи "більше". Чотири ЛИ (режим керування) 2 вказують, у якому режимі працює контур (каскадне КУ, локальне ЛУ, дистанційне ДУ і ручне РУ керування). Три ЛИ (режим завдання) 8 вказують, який вид завдання встановлений у контурі (ручне РЗ, програмне ПЗ і зовнішнє завдання ВЗ). Перелік параметрів групи 6, які контролюють за нижнім ЦИ 5, наведено в табл. 3.6.

Лицьова панель має 12 клавіш 9, за допомогою яких здійснюється оперативне керування контурами регулювання. Загальний перелік команд керування наведено в табл. 3.7.

Модель блока контролера, що розрахована на логічне керування, має лицьову панель, яку зображено на рис. 3.20.

Лицьова панель призначена для оперативного керування логічними програмами і містить ЛИ, ЦИ та клавіатуру. У верхній частині 3 розміщено п'ять ЛИ, що контролюють помилки. 32 ЛИ (дискретний контроль) 4

використовуються для контролю стану до 32 дискретних сигналів. Однорозрядний ЦИ (прог) 1 показує номер програми, з якою працює оператор. Сім ЛИ в групі 2 (стан) вказують, у якому стані знаходиться програма, а також стан виходу поточного кроку. Сім ЛИ в групі 6 (режим контролю) вказують, яка інформація виведена на чотирирозрядний ЦИ5. У табл. 3.8 наведено перелік і позначення параметрів у групі 6, які контролюють за ЦИ5.

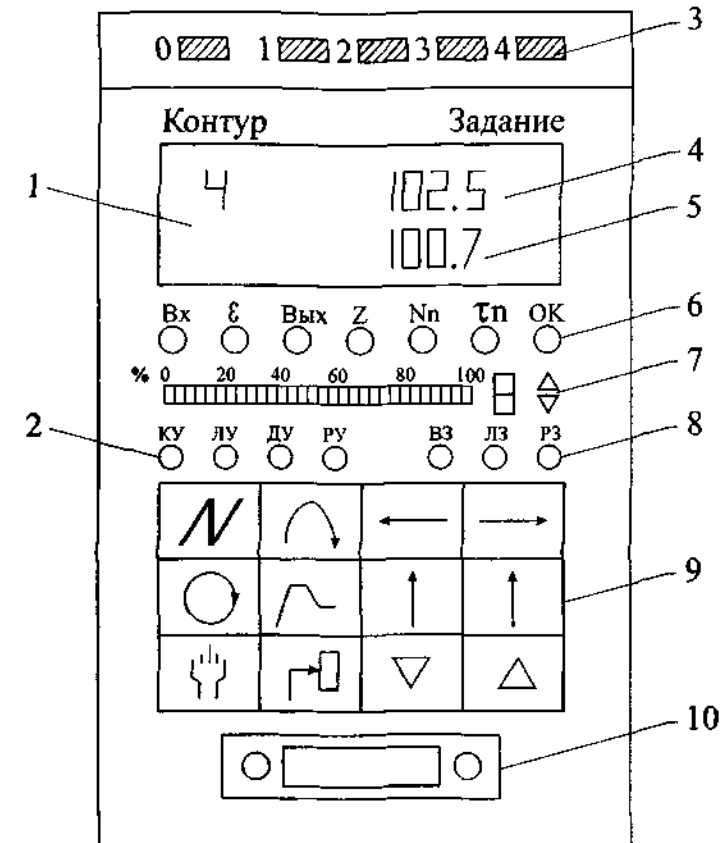


Рис. 3.19. Лицьова панель регулювальної моделі ОІ блока БК-1: 1 - номер контуру; 2 - режими керування; 3 - помилки; 4 - сигнал завдання; 5 - значення контрольованих параметрів; 6 - види контролю; 7 - вихід; 8 - режими завдання; 9 - клавіатура; 10 - підімкнення пульта настроювання.

Таблиця 3.6. Перелік контрольованих параметрів і їх позначення

Режим контролю	Контрольований параметр	Розмірність
BX	Вхідний сигнал (регульований параметр)	Технічні одиниці
ε	Сигнал розузгодження	Технічні одиниці
BIX	Вихідний сигнал (керуючий вплив)	%
Z	Довільний сигнал, призначення якого програмується	Програмується
N _p	Номер програми (при програмному регулюванні) і номер поточної ділянки програми	Число (два знаки)
τ _п	Час що залишився до закінчення поточної ділянки програми	с, хв, год.
OK	Помилка контур: вказується номер сигналу, що вийшов за припустимі значення	число

1	2
	Перехід на програмний задавач
	Зміна номера програми (здійснюється тільки в стані "стоп")
	Пуск програми
	Зупинка програми "стоп"
	Скидання програми (здійснюється тільки у стані "стоп" і "конец" програми)
	Перехід до наступної ділянки програми (здійснюється тільки в стані "стоп")
	Перехід на зовнішній задавач

Контроль поточного стану програми за ЛІІ групи 2 визначається згідно з табл. 3.9.

Стан виходу поточного кроку контролюється за ЛІ (вихід) 7. ПЛ також має 12 клавіш 8, за допомогою яких здійснюється оперативне керування логічною програмою. Загальний перелік команд оперативного керування наведено у табл. 3.10.

Лицьова панель БК-І, що розрахована на керування безперервно дискретними процесами, майже не відрізняється від панелі, зображеної на рис.3.20.

Таблиця 3.7. Команди оперативного керування контурами регулювання.

Позначення клавіш	Команди
1	2
N	Вибір номера контуру
	Вибір режиму контролю
	Перехід на ручний режим
	ручна зміна виходу
	Перехід на автоматичний режим
	Перехід на дистанційний режим
	Відміна дистанційного режиму
	Перехід на локальний режим
	Перехід на каскадний режим
	Перехід на ручний задавач
	Ручна зміна завдання

Таблиця 3.8. Позначення і перелік параметрів, які контролюють за ЦІ

Режим контролю	Контрольований параметр
Z ₁ -Z ₄	Довільні сигнали, призначення яких програмують.
N _{зт}	Номер поточного стану і кроку, що виконується логічною програмою.
τ _ш	Час, що залишився до закінчення контрольованого часу поточного кроку.
ОП	Помилка програми, вказується номер сигналу, що вийшов за припустимі межі чи сприйняв неприпустимий стан

Ця панель призначена для оперативного керування контурами безперервного регулювання, позиційного регулювання, оперативного керу-

вання логічною програмою, а також для контролю за безперервними і дискретними сигналами.

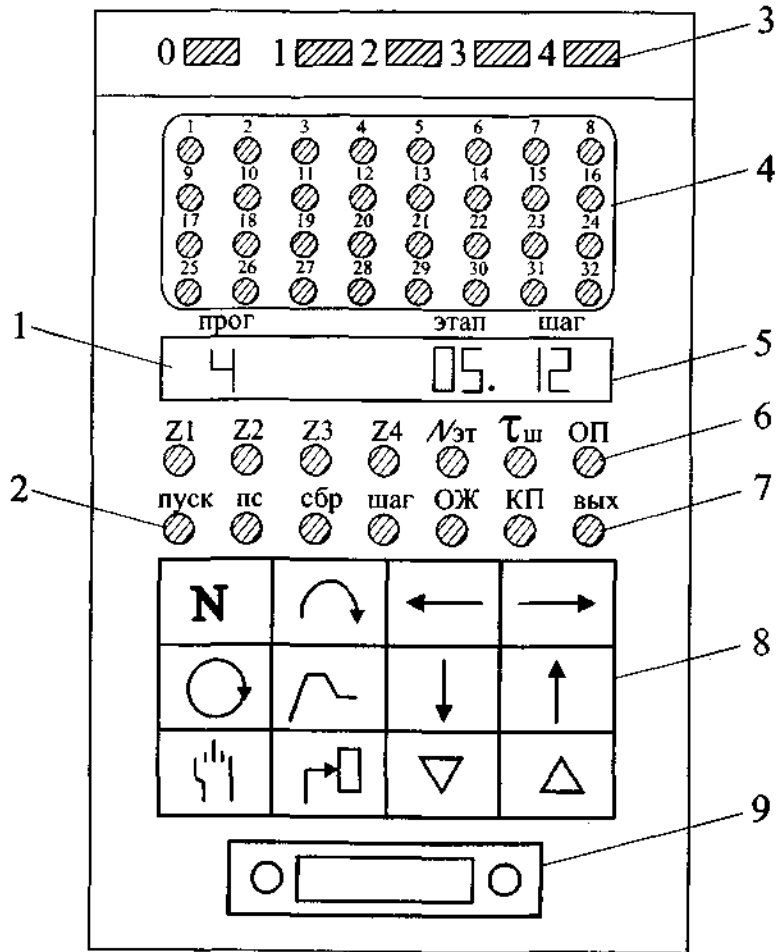


Рис. 3.20. Лицьова панель логічної моделі 02 блока БК-І:
1 - номер програми; 2 - стан програми; 3 - помилки; 4 - контроль дискретних сигналів; 5 - значення контрольованих параметрів; 6 - вид контролю; 7 - вихід; 8 - клавіатура; 9 - підімкнення пульту настроювання.

Таблиця 3.9. Стан програми в процесі її роботи.

Стан	Робота програми
"Пуск"	Програма виконується послідовно крок за кроком
"Стоп"	Програма не виконується, виходи всіх кроків і таймери контрольного часу "заморожені"
"Сброс"	Програма не виконується, виходи всіх кроків занулені, після пуску програма починає виконуватися з першого кроку першого стану
"Шаг"	Виконується один крок програми, після чого програма переходить до початку наступного кроку і зупиняється
"Ожидание"	Те саме, що у стані "Стоп"
"Конец программы"	Виконано останній крок останнього стану, виходи всіх кроків "заморожені"

Таблиця 3.10. Команди оперативного керування логічною програмою

Клавіші	Команди	Стан, з якого виконується команда
N	Вибір номера програми	Будь-який
← →	Вибір режиму контролю	Будь-який
↕	Вибір стану	"Стоп"
↕ + Δ, ∇	Вибір кроку	"Стоп"
⏪ + ↑	Пуск програми	"Стоп", "Сброс"
⏩ + ↓	Зупинка програми	"Пуск", "Сброс", "Конец программы"
⏪ + ←	Скидання програми	"Стоп", "Ожидание", "Конец программы"
⏪ + ↑	Пуск одного кроку	"Стоп"
⏩ + Δ	Ручне вмикання виходу кроку і вихід із стану очікування	"Стоп", "Ожидание"
⏩ + ∇	Ручне вмикання виходу кроку	"Стоп"
↻	Програмується команда	Будь-який

Блок БК-І живиться від джерела напруги постійного струму 24 В. Діапазон усіх аналогових входів блока однаковий і дорівнює 0...2 В. Настроювання на входні сигнали, що змінюються в діапазонах 0...5, 4...20 мА чи 0... 10 В, забезпечується за допомогою нормуючих резисторів РН чи клемно-блокових з'єднувачів КБС. Вихідні аналогові сигнали БК-І є струмовими сигналами. Діапазон 0...5, 4...20 мА користувач вибирає програмно при настроюванні блока на об'єкті. Блок має заводозахисні дискретні входи з пороговою напругою не менше 7 В.

Дискретні входи (транзисторний ключ) можуть працювати на індуктивне навантаження і захищені від короткого замикання. Аналогові входи, гальванічно ізольовані від усіх інших кіл. Аналогові входи зв'язані попарно в межах однієї групи, яка гальванічно ізольована від інших кіл. Дискретні входи зв'язані також у межах однієї групи, яка гальванічно ізольована від усіх інших кіл. Аналогічно організовані дискретні виходи.

Пульт настроювання ПН-І підмикається до БК-І за допомогою кабелю, що закінчується вилкою роз'єму. Застосовується для технологічного програмування, тестування і настроювання БК будь-якої моделі. Після виконання вказаних операцій пульт відмикається. Пульт має спеціальний роз'єм, через який підмикають зовнішню програмуючу напругу (до 13,6 В) при записуванні інформації в ППЗУ. ПН-І, лицьову панель якого зображено на рис. 3.21, містить лампові (ЛІ), цифрові (ЦІ) індикатори і клавіатуру. ЛІ в групі 6 (помилки) сигналізують про помилки контролера чи неправильні дії оператора, в групі 7 (процедура) - про те, які параметри контролюються і змінюються за допомогою ПН-І, у групі 4 (режим) - про режим роботи контролера (програмування і робота), в групі 8 (стан) - про стан алгоритмів керування (індикація працює тільки в процедурі "ВЫХОД"). ЦІ використовуються при контролі сигналів і параметрів, при програмуванні, тестуванні та ін. Шість клавіш 5 застосовуються для вибору режиму, процедур, параметрів, для зміни параметрів, запускання тестів та ін. Про наявність зовнішньої програмуючої напруги при записуванні програми в ППЗУ сигналізують ЛІ "U_{пр}"- Загальний перелік команд, що виконуються за допомогою ПН-І, наведено в табл. 3.11.

У режимі програмування БК-І вимкнено із системи керування і можна змінювати всі параметри як контролера в цілому, так і алгоблоків. У режимі роботи можна контролювати сигнали і параметри, але жодні параметри, крім коефіцієнтів, за допомогою ПН-І змінювати неможливо. При переході з режиму програмування в режим роботи контури регулювання включаються в роботу безударно. Контролер має вісім процедур програмування, перелік яких наведено в табл. 3.12.

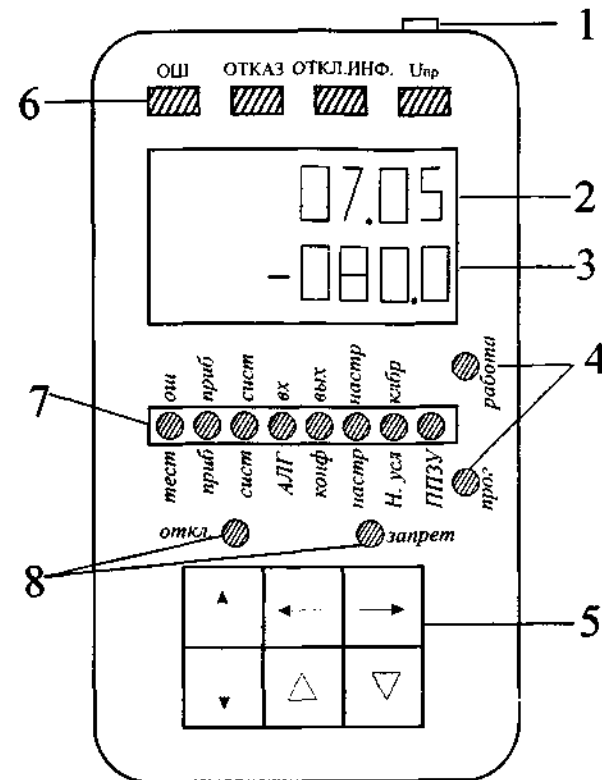


Рис.3.21. Лицьова панель ПН-1: 1 - роз'єм для зовнішньої напруги при записуванні в ППЗУ; 2 - верхній ЦІ; 3 - нижній ЦІ; 4 - режим; 5 - клавіатура; 6 - помилки; 7 - процедури; 8 - стан.

При тестуванні встановлюється код необхідного тесту і натисканням клавіші "↑" здійснюється запуск тесту. У процедурі "ПРИБ" (приладні параметри) задаються і контролюються параметри, загальні для всіх алгоблоків БК-І (склад і версія бібліотеки алгоритмів, час циклу, часовий діапазон та ін.). У процедурі "СИСТ" (системні параметри) задаються параметри, що визначають взаємодії контролера з іншими пристроями по інтерфейсному каналу. У процедурі "АЛГ" (алгоритми) алгоблоки заповнюються алгоритмами. У загальному випадку для кожного алгоблока задаються три параметри: алгоритм, його модифікатор і масштаб часу. Якщо модифікатор чи масштаб часу відсутні, то поля на ЦІ, на які виводяться відповідні параметри, автоматично пропускаються. Після занулення алгоблоку можна заповнювати тільки підряд починаючи з першого алгоблоку.

Якщо які-небудь алгоблоки необхідно зарезервувати для наступного розширення алгоритмічної структури, в них слід ввести алгоритм з кодом "00". Правила встановлення алгоритму наведено в табл. 3.13.

Таблиця 3.11. Команди, що виконуються за допомогою ПН-І

Клавіші	Команди
↓ + →	Перехід у режим програмування
↓ + ←	Перехід у режим роботи
← , →	Вибір процедури
↑	Вибір потрібного параметра чи введення встановлених параметрів у пам'ять (тільки в режимі програмування)
Δ, ∇	Зміна параметра в бік "менше" чи "більше"
↓	Скидання (відміна) викликаних параметрів

Таблиця 3.12. Процедури технологічного програмування

Процедури	Номер (код) операції	Найменування операції і параметри
1	2	3
Тестування	00	Комплексний тест ПЗУ і ОЗУ
	01-04	Тести мікросхем ПЗУ
	05-08	Тести мікросхем ОЗУ
	09-10	Тести мікросхем ППЗУ
	11-12	Тести інтерфейсу
	13	Тест сторожу циклу
	14	Тест пульта настроювання
	15	Тест лицьової панелі
	16-17	Тести ЦАП
18-19	Тести ЦДП	
Приладні параметри	00	Занулення
	01	Комплектність
	02	Заборона зміни структури та часовий діапазон
	03	Час циклу
	04-05	Ресурс ОЗУ
	06	Вид бібліотеки
Системні параметри	00	Сітвовий номер
	01	Режим роботи інтерфейсного каналу

Закінчення табл. 3.12.

1	2	3
Алгоритм	-	Алгоритм, модифікатор, масштаб часу
Конфігурація	-	Джерело сигналу
Параметри настроювання	-	Константи та коефіцієнти
Початкові умови	-	Початкові умови на виходах алгоблоків
ППЗУ	00	Запис із ОЗУ в ППЗУ
	01	Відновлення інформації з ППЗУ до ОЗУ
	02	Регенерація ПЗУ і ППЗУ

Таблиця 3.13. Встановлення алгоритму

Формат індикації		Параметри
N1	N2	N1- 01-99 (номер алгоблоку) N2 (номер алгоритму) N3 (код модифікатора) N4 (масштаб часу)
N3	N4	

Якщо N4 задається код 00 чи 01, то для молодшого часового діапазону масштаб часу визначається в секундах чи хвилинах, а для старшого – у хвилинах чи годинах. Слід пам'ятати, що зі зміною одного з параметрів алгоритму, що наведені в табл. 3.13, усі зв'язки для його входів і виходів мають бути відновлені.

У процедурі "КОНФ" (конфігурування) визначається стан кожного входу алгоблоків, який може бути зв'язаним і вільним. Зв'язаним вважається вхід, підімкнений до одного з виходів якого-небудь алгоблока. В протилежному разі вхід вважається вільним. На вільному вході сигнал відіграє роль параметрів настроювання, які поділяються на дві групи: константи і коефіцієнти. Константи встановлює оператор тільки в режимі програмування, вони не можуть змінюватися в режимі роботи. Коефіцієнти можуть змінюватися в обох режимах. Конкретні значення параметрів настроювання на вільних входах встановлюються в процедурі "НАСТР" (настроювання). При конфігуруванні зв'язаних входів визначають також, чи надходить сигнал на даний вхід прямо чи інверсно. Для безперервних сигналів (аналогових, числових) інверсія означає зміну знака, для дискретних - зміну стану сигналу на протилежний (нуля на одиницю). Правила встановлювання процедури конфігурування наведено в табл. 3.14.

У процедурі "НАСТР" (настроювання) встановлюються значення параметрів настроювання - як констант, так і коефіцієнтів. Ця процедура виконується лише для тих входів алгоблока, які при конфігуруванні були

визначені як вільні. Якщо параметри настроювання не задаються, вони набувають початкових значень, що залежать від виду алгоритму. Правила встановлювання параметрів наведено в табл. 3.15.

Таблиця 3.14. Правила конфігурування.

Стан входу	Формат індикації	Параметри
Зв'язаний	<div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> N1 N2 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;"> C N3 N4 </div>	N1 (номер алгоблока) N2 (номер входу алгоблока-приймача) N3=0 (номер алгоблока-джерела) N4 (номер виходу алгоблока-джерела) C (ознака інверсії) C="." (інверсія)
Вільний	<div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> N1 N2 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;"> C N3 N4 </div>	N1,N2,C (те саме, що і для зв'язаних входів) N3=00 (ознака вільного входу) N4 (вид параметра настроювання) N4=00 (константа) N4=01 (коефіцієнт)

Таблиця 3.15. Правила встановлювання параметрів настроювання.

Формат індикації	Параметри
<div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> N1 N2 </div> <div style="display: flex; justify-content: center; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;"> X </div>	N1 (номер алгоблока) N2 (номер виходу) X (значення сигналу на виході - початкові умови)

У процедурі "Н.УСЛ." (початкові умови) встановлюються значення сигналів на виходах алгоблоків, з якими алгоблоки почнуть працювати при переході в режим "Робота". Якщо початкові умови не задаються, то після першого вмикання БК вони набувають значень, що залежать від виду алгоритму. Здебільшого це нульові значення. Правила встановлення початкових умов наведено в табл. 3.16.

Таблиця 3.16. Правила встановлення початкових умов.

Формат індикації	Параметри
<div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> N1 N2 </div> <div style="display: flex; justify-content: center; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 5px;"> X </div>	N1 (номер алгоблока) N2 (номер виходу) X (значення сигналу на виході - початкові умови)

У процедурі "ППЗУ" (операції з пам'яттю) інформація в ППЗУ записується після того, як програма, що знаходиться в ОЗУ, повністю відлагоджена. Перед записуванням ППЗУ повинно бути стерте. Відновлення інформації в ОЗУ, попередньо записаної в ППЗУ, виконується при збої ОЗУ чи повній втраті інформації в ОЗУ. Регенерація ПЗУ і ППЗУ виконується один раз за 1,5-2 роки. Це необхідно для усунення втрати інформації в ПЗУ і ППЗУ. Час записування в ППЗУ не перевищує 5 хв, регенерації ППЗУ - 7 хв, а ПЗУ - 30 хв.

У режимі "ПРОГ" за допомогою ПН-І контролюються помилки оператора. При помилкових діях засвічується ЛІ "ОШ" і на ЦІ з'являється код помилки.

Процедура "КЛБР" застосовується з метою встановлення значення коефіцієнта на вільних входах відповідно до потрібного значення якогонебудь вихідного сигналу.

Блок живлення БП-1 підмикається до промислової мережі змінного струму і виробляє дві нестабілізовані напруги 24 В постійного струму, які використовуються для живлення блока контролера, кіл дискретного входу і виходу, аналогового виходу, інтерфейсних кіл, аварійного виходу БК, підсилювачів для термопар і термоопорів, блока шлюзу.

Підсилювач для термопар БУТ-10 забезпечує перетворення сигналу термопар в струмовий сигнал (0...5 мА), компенсацію зміни температури вільних кінців термопар, зміщення нуля і зміни діапазону вхідного сигналу. Один підсилювач містить два незалежних канали підсилення, розраховані на однакову термопару. Вхід і вихід кожного каналу гальванічно ізольовані один від одного і від БП-1.

Підсилювач термоопорів БУС-10 призначений для перетворювання сигналів термоопорів чи інших резистивних датчиків у струмовий сигнал (0...5) мА, забезпечення живлення датчиків постійним стабілізованим струмом, зміщення нуля і вимірювання діапазону вхідного. Кількість каналів і гальванічна ізоляція аналогічні блоку БУТ.

Підсилювач потужності БУМ-10 містить чотири сильнострумове реле РПГ-8, нормально відкриті контакти якого можуть комутувати змінну напругу до 220 В при струмі до 2 А. Кожне з чотирьох реле може управлятися як незалежно, так і одночасово з іншими, є можливість групової заборони на перемикання. Обмотки реле підмикаються до дискретних виходів БК, а їх живлення здійснюється блоком БП-І. Вихідні контакти реле електрично попарно зв'язані, але гальванічно ізольовані від інших кіл.

Блок перемикання БПР-10 містить вісім слабкострумове реле типу РЭС54А, перекидні контакти яких можуть використовуватися в колах перемикання, захисту, сигналізації, блокування та ін. Організація керування

і живлення реле аналогічна блоку БУМ.

Блок шлюзу БШ-1 є з'єднувальною ланкою між мережею "Транзит", що об'єднує кілька БК, і засобами верхнього рівня керування (наприклад, ЕОМ). Для зв'язку з ЕОМ використовується інтерфейс ІРПС. Зв'язок виконується за допомогою двох пар витих проводів. БШ є мікропроцесорним пристроєм, низка параметрів якого програмується за допомогою пульта ПН-І. Конструкція БШ аналогічна блоку БК, однак відсутні органи оперативного керування. До складу однієї мережі "Транзит" можуть входити кілька блоків БШ.

Блок стирання БСТ-1 застосовується для стирання ППЗУ. Для цього модуль ПРЦ 10 виймається з БК і вставляється в блок БСТ, що має вмонтоване джерело стабілізованої напруги, яка може змінюватися. Її вказують у супроводжувальній документації.

Резистори нормуючі РН-1 застосовуються для перетворення сигналів 0...5,4 (О) - 20 мА і 0...10 В у сигнал 0...2 В. Ці резистори монтуються безпосередньо на клемних збірках, до яких підмикають з одного боку кабельні зв'язки від датчиків чи підсилювачів (БУТ, БУС), з іншого - аналогові входи блока БК. Резистори використовуються лише в тому разі, коли відсутні клемно-блокові з'єднувачі КБС-3. Тип резистора (РН-І/05, РН-І/20, РН-І/10) залежить від виду вхідного сигналу, а число - від кількості аналогових входів БК.

Міжблоковий з'єднувач МБС застосовується для зв'язку приладних кіл БК з БП. МБС являє собою відрізок кабелю, що закінчується з обох боків вилками роз'єму РП-15.

Клемно-блоковий з'єднувач КБС-1 також являє собою відрізок кабелю, на одному боці якого змонтовано вилку роз'єму РП15-9, а на іншому - однорядну клемну колодку на 8 клем. Застосовується для підмикання до блоків БП, БУС, БУТ, БУМ, що мають гніздо роз'єму РП15-9.

Клемно-блоковий з'єднувач КБС-2 за конструкцією аналогічний КБС-1, але має вилку роз'єму РП15-23 і трирядну клемну колодку на 24 клеми. Призначений для підмикання до блоків БК, БПР, що мають гніздо роз'єму РП15-23 (дискретні входи-виходи).

Клемно-блоковий з'єднувач КБС-3 аналогічний КБС-2, однак трирядна клемна колодка містить 24 клеми з розпаяними на її внутрішньому боці резисторами РН-І. Застосовується для підмикання вхідних і вихідних аналогових ланцюгів БК з метою перетворення вхідних сигналів у сигнал 0...2 В.

Клемно-блоковий з'єднувач КБС-0 аналогічний за конструкцією КБС-1, але не має кабелю і застосовується для розмножування кіл.

Бібліотека алгоритмів контролера дозволяє розв'язувати складні завдання автоматичного регулювання і логіко - програмного керування.

Взагалі бібліотечний алгоритм має свої входи, виходи і функціональне ядро. Входи алгоритму бувають сигнальними і настроюваними. Сигнали, що надходять на сигнальні входи алгоритму, обробляються їм відповідно до призначення алгоритму, а сигнали, що надходять на настроювані входи, керують параметрами настроювання алгоритму. Сигнальні й настроювані входи мають цілком однакову можливість конфігурування. Кількість входів і виходів алгоритму не фіксована і визначається його видом. Однак кількість входів не перевищує 99, а кількість виходів - 24. У частинному випадку алгоритм може не мати входів чи виходів. Для алгоритмів, що утворюють групу зв'язкових алгоритмів (уводу-виводу, прийому-передачі, оперативного керування) та мають неявні входи і виходи, відсутня можливість конфігурування. Неявні входи і виходи на функціональних схемах показують пунктиром. Усі явні входи алгоритму мають крізь нумерацію від 01 до 99, виходи - від 01 до 24. У кожному конкретному алгоритмі число входів і виходів може бути менше від вказаного максимального значення.

У загальному випадку бібліотечний алгоритм на схемах має три реквізити (параметри): бібліотечний номер (код), модифікатор (m) і масштаб часу (МВ). Бібліотечний номер являє собою двозначне десяткове число і є основним параметром, що характеризує властивість алгоритму. Модифікатор задає додаткові властивості алгоритму. Звичайно модифікатор задає число однотипових операцій, які може виконувати один алгоритм. Ряд алгоритмів модифікатора не мають. Масштаб часу мають такі алгоритми, робота яких пов'язана з реальним часом (таймер, програмний задавач, регулювання та ін.). Бібліотечні алгоритми зберігаються в бібліотеці і самі по собі жодної функції не виконують. Для того щоб він включився в роботу його потрібно помістити в один із алгоблоків при проведенні технологічного програмування. При цьому існують два правила: будь - який алгоритм можна вмішувати в будь - який (за номером) алгоблок; один і той самий алгоритм можна вмішувати в різні алгоблоки.

Діапазон зміни сигналів і параметрів настроювання для більшості алгоритмів (алгоблоків) однаковий. Повний перелік цих сигналів наведено в табл.3.17.

Бібліотеку утворюють такі групи алгоритмів: лицьової панелі, вводу - виводу, регулювання, динамічних, статичних і аналого - дискретних перетворювань, логічних операцій, дискретного та групового безперервно - дискретного керування. Далі розглянуто послідовно основні алгоритми, що найчастіше використовуються при побудові АСР.

Алгоритм ОКО (код 01) - оперативний контроль регулювання використовується в складі регульовальної моделі Р-ІЗО і звичайно в поєднанні з алгоритмами ЗДН, ЗДЛ, РУЧ, РАН, РИМ. Алгоритм ОКО вмішують тільки в алгоблоки з номерами від 1 до 4. Номер алгоблока, у який вміше-

но алгоритм ОКО, визначає номер контуру. Алгоритм має модифікатор $m = 0 \dots 15$, який визначає вид регулятора в складі АСР. Перелік модифікацій із зазначенням виду регулятора наведено в табл. 3.18.

Таблиця 3.17. Види сигналів і параметрів з діапазоном їх зміни.

Вид сигналу чи параметра	Позначення	Розмірність	Діапазон зміни
Аналоговий вхідний і вихідний	X;Y	%	-199,9...199,9
Часовий (постійна часу, інтервал часу)	T	с, хв, год	0...819 і ∞
Числовий	N	-	-8191...8191
Дискретний вхідний і вихідний	C,D	-	0 чи 1
Масштабний коефіцієнт	K _M	-	-15,99...15,99
Коефіцієнт пропорційності	K _P	-	-127,9...127,9
Швидкість зміни	V	%/с; %/хв; %/год	0...199,9 і ∞
Тривалість імпульсу	T _{имп}	с	0,12...3,84
Технічні одиниці	W	-	-1999...8191

Якщо який-небудь із режимів завдання чи каскадного регулювання не передбачається, то перемикання в ці режими блокуються.

Алгоритм ОКО має 10 чи 15 входів. Якщо $m \leq 7$ є 10 входів, при $m \geq 8$ є 15 входів. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 3.22.

Вхід Х_{здн} визначає сигнал, що є сигналом поточного завдання, і виводиться на цифровий індикатор "задание" БК. Звичайно цей вхід підмикається до основного виходу алгоритму ЗДН.

Вхід Х_{вх} визначає сигнал, що є вхідним (регульованим параметром) і виводиться на цифровий індикатор у позиції "ВХ". Звичайно цей вхід підмикається до одного із виходів алгоритму вводу аналогового ВАА чи ВАБ. Вхід Х_е визначає сигнал розузгодження і виводиться на цифровий індикатор контролю в позиції "ВХ". Звичайно цей вхід підмикається до виходу У_е алгоритмів РАН чи РИМ. Входи W₀ і W₁₀₀ - настроювані. Ці входи задають технічні одиниці, що індицирують сигнал завдання, вхідний сигнал і сигнал розузгодження (одні й ті самі одиниці вимірювання для всіх трьох параметрів). Вхід W₀ задає значення, що відповідає 0% аналогового сигналу, вхід W₁₀₀ - значення, що відповідає 100% сигналу. Поточне значення W_{инд} сигналів Х_{здн}, Х_{вх} і Х_е, що виражені в процентах, визначається за формулою:

$$W_{инд} = W_0 + \frac{W_{100} - W_0}{100} X \quad (3.1)$$

Таблиця 3.18. Перелік модифікацій алгоритму.

Вид регулятора (АСР)	Режим		Модифікатор
	Зовнішнього завдання (ВНЩ)	Дистанційного керування (ДСТ)	
Звичайний аналоговий	-	-	00
	-	+	01
	+	-	02
	+	+	03
Звичайний імпульсний	-	-	04
	-	+	05
	+	-	06
	+	+	07
Каскадний аналоговий	-	-	08
	-	+	09
	+	-	10
	+	+	11
Каскадний імпульсний	-	-	12
	-	+	13
	+	-	14
	+	+	15

Вхід Х_{рч} підмикається до основного виходу алгоритму ручного керування РУЧ. На вхід Х_{вр} (вихід регулятора) подається сигнал керуючого впливу. На вхід Z подається будь-який (за вибором) сигнал, який необхідно індицирувати при оперативному керуванні. Тип сигналу задається на настроюваному вході N_z згідно з табл. 3.19.

Вхід N_{ок} (помилка контуру) використовується, якщо необхідно проконтролювати вихід одного чи кількох сигналів за припустимий діапазон. Якщо N_{ок} > 0, то на лицьовій панелі БК засвічується один із лампових індикаторів "1-4" у зоні "ошибки", що відповідає номеру контуру регулювання, який обслуговується алгоритмом ОКО. Вхід N_{ок} звичайно з'єднується з виходом алгоритму порогового контролю ПОК. У цьому разі за цифровим індикатором вибіркового контролю БК у позиції "ОК" (помилка контуру) можна визначати номер сигналу, що вийшов за припустимі межі. Якщо N_{ок}=0, то ламповий індикатор БК ("ошибка") не засвічується.

	Код	m = 00-15	МВ відсутній
Хздн	01		
Хвх	02		Керування завданням і індикація завдання, входу, розузгодження стандартного чи ведучого регуляторів в каскадному режимі
W ₀	03		
W ₁₀₀	04		
Хε	05		
Хруч	06		
Хвр	07		Ручне керування і індикація виходу, довільного параметра та помилки
Z	08		
Nz	09		
Нок	10		

Хздн	11		Керування завданням і індикація завдання входу, розузгодження веденого регулятора в локальному режимі (тільки при m ≥ 8)
Хвх.л	12		
W _{0.л}	13		
W _{100.л}	14		
Хε.л	15		

Рис. 3.22 Функціональна схема алгоритму ОКО.

Таблиця 3.19. Позначення типу сигналу.

Вхід Nz	Тип сигналу
0	Дискретний
1	Час, молодший масштаб
2	Час, старший масштаб
3	Швидкість, молодший масштаб
4	Швидкість, старший масштаб
5	Час імпульсу
6	Масштабний коефіцієнт
7	Коефіцієнт пропорційності
8	Аналоговий
9	Числовий

Усі перелічені входи (від 01 до 10) задають параметри оперативного керування як звичайного регулятора, так і каскадного. В останньому ви-

падку входи 01-05 визначають параметри ведучого регулятора в каскадній схемі, а входи 06-10 параметри регулятора в цілому. Можливості керування каскадною АСР у локальному режимі (ведений контур) визначаються сигналами, що подаються на входи 11-15.

Вхід Хзд звичайно з'єднують з основним виходом алгоритму локального задавача ЗДЛ. У цьому разі сигнал локального завдання в режимі ЛУ контролюється за цифровим індикатором "завдання". Входи Хвх.л і Хл задають відповідно сигнали, що контролюються за цифровим індикатором вибіркового контролю БК у позиції "ВХ" і "ε" при ЛУ. Призначення входів W_{0л} і W_{100л} таке саме, як і входів W₀ і W₁₀₀.

Таким чином, алгоритм ОКО визначає, які сигнали будуть виведені на індикатори лицьової панелі БК і в яких технічних одиницях сигнали (завдання, вхід і розузгодження) будуть індицируватися.

Алгоритм ВИН (код 05) - увід інтерфейсний- застосовується для прийому сигналів, що надходять на вхід РІ30 інтерфейсного каналу. Один алгоритм ВИН організує зв'язок з одним абонентом-джерелом. Якщо необхідний зв'язок з кількома абонентами-джерелами, в контролері використовуються кілька алгоритмів ВИН. Зокрема, алгоритм ВИН застосовується при вмиканні РІ30 у кільцеву локальну мережу "Транзит". Для прийому через інтерфейсний канал команд оперативного керування від засобів верхнього рівня алгоритм ВИН не потрібно використовувати. Алгоритм ВИН виділяє з кількох сигналів N_i абонента-джерела необхідні (за номером) сигнали і розміщує їх на своїх виходах Y₁, ..., Y_m (при m = 0...21). Виділені на виходах Y_i сигнали обробляються потім іншими алгоритмами, що зв'язані за конфігурацією з алгоритмами ВИН. На рис. 3.23 зображено функціональну схему даного алгоритму.

Номер необхідного сигналу абонента-джерела, що виділяється на виході Y_i, задається при налаштуванні на вході N_i алгоритму. Наприклад, якщо на виходах Y₁, Y₂ і Y₃ мають бути виділені сигнали третього абонента-джерела, що мають номери відповідно 5, 12 і 2, то встановлюються параметри Nуст = 3, N1=5, N2=12, N3=2. Для того щоб зв'язатися з іншим абонентом-джерелом, застосовують інший алгоритм ВИН, у якого при налаштуванні встановлюється потрібне значення Nуст.

Алгоритм ИНВ (код 06) - інтерфейсний вивід - застосовується для передачі яких-небудь сигналів через канал інтерфейсу. На рис. 3.24 зображено функціональну схему алгоритму.

Сигнали, які необхідно передати через інтерфейс, попередньо потрібно сформувати на входах X_i алгоритму за допомогою конфігурування. Число сигналів m = 0...30, що передаються також задається модифікатором. В інформаційному пакеті що передається через інтерфейс, сигналам приписуються номери, які дорівнюють номерам відповідних входів X_i.

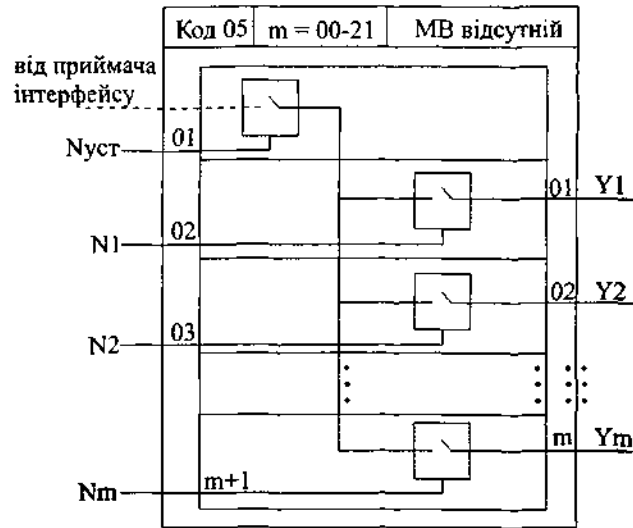


Рис.3.23. Функціональна схема алгоритму ВІВ.

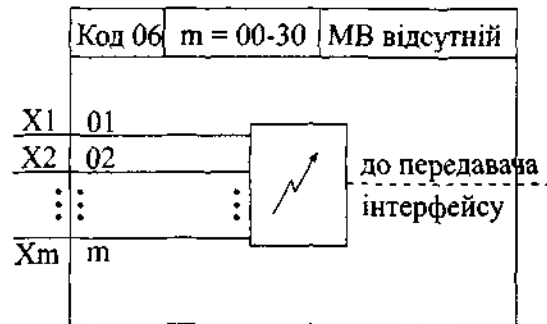


Рис.3.24. Функціональна схема алгоритму ІВВ.

Так, сигнал на вході X_i дістає номер 1, сигнал на вході X_2 - номер 2 і т.д. Увесь пакет отримує номер джерела, що дорівнює системному номеру контролера, який встановлюється в процесі його програмування. На вхід X_i можуть надходити як аналогові, так і дискретні сигнали в будь-якому сполученні. Число дискретних сигналів, що передаються, можна підвищити за допомогою алгоритму шифрації ШИФ. У цьому разі в рамках одного сигналу, що передається, можна передати до 13 дискретних сигналів. Таким чином, кількість дискретних сигналів, що передаються при

їх пакуванні, можна підвищити до 390. На прийомному боці спаковані дискретні сигнали мають бути розпаковані за допомогою алгоритму дешифрації ДЕШ. В одному контролері використовується лише один алгоритм ІВВ.

Алгоритми ВАА (код 07) і ВАБ (код 08) - увід аналогових груп А і Б - застосовуються для зв'язку функціональних алгоритмів з апаратними засобами аналогового входу (з АЦП). Кожний алгоритм вхідної групи А чи Б обслуговує до восьми аналогових входів.

Число незалежних каналів ($m = 0..8$) задається модифікатором. На рис. 3.25 зображено функціональну схему алгоритму ВАА (ВАБ)

Кожний канал зв'язаний з відповідним (за номером) аналоговим входом контролера. Цей зв'язок утворюється автоматично, як тільки алгоритм ВАА (ВАБ) буде введений в один із алгоблоків контролера. До вхідного аналогового сигналу додається сигнал зміщення $X_{см.i}$, а здобутий результат множиться на коефіцієнт $K_{м.i}$. Ці операції дають змогу компенсувати зміщення нуля та діапазону як АЦП, так і датчика, підімкненого до контролера. Таким чином, вихідний сигнал каналу Y_i (визначається рівнянням

$$Y_i = (X_{ан.вх.i} + X_{см.i}) K_{м.i}, \quad (3.2)$$

де $X_{ан.вх.i}$ - аналоговий вхідний сигнал, що надходить від АЦП на i -й канал (якщо корекція не потрібна, то $Y_i = X_{ан.вх.i}$)

Алгоритми АВА (код 11), і АВБ (код 12) - аналоговий вивід груп А і Б - застосовуються для зв'язку функціональних алгоритмів з апаратними засобами аналогового виводу (з ЦАП). Кожний алгоритм вихідної групи А чи Б обслуговує до двох аналогових виходів. Число незалежних каналів ($m = 0..2$) задається модифікатором. На рис. 3.26 зображено функціональну схему алгоритму АВА (АВБ).

Кожний канал зв'язаний з відповідним (за номером) аналоговим виходом контролера. Цей зв'язок утворюється автоматично, як тільки алгоритм АВА (АВБ) уводиться в один із алгоблоків контролера. Вихідний сигнал (на виході ЦАП) $Y_{ан.вих.i}$ визначається рівнянням

$$Y_{ан.вих.i} = X_i * K_{м.i} + X_{см.i} \quad (3.3)$$

де X_i - вхідний сигнал алгоритму.

Операція множення X_i , на масштабний коефіцієнт $K_{м.i}$ і введення зміщення $X_{см.i}$ дають змогу компенсувати зміщення діапазону і нуля ЦАП.

Алгоритм ІВА (код 15) і ІВБ (16) - імпульсний вивід груп А і Б - застосовуються для реалізації схем АСР з виконавчими механізмами по-

стійної швидкості. Алгоритми перетворюють сигнали, сформовані алгоритмами з алгоритмами імпульсного регулювання РИМ, у послідовність імпульсів змінної шпаруватості. Алгоритм видає послідовність зазначених імпульсів на засоби дискретного виходу контролера. На рис. 3.27 зображено функціональну схему алгоритму ИВА (ИВБ).

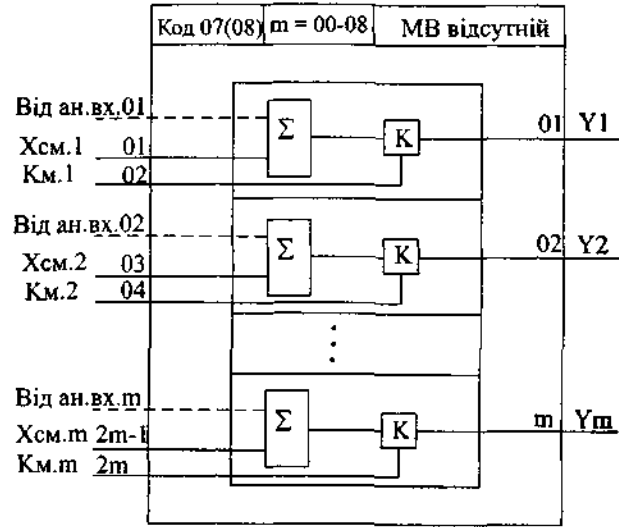


Рис. 3.25. Функціональна схема алгоритму ВАА (ВАБ).

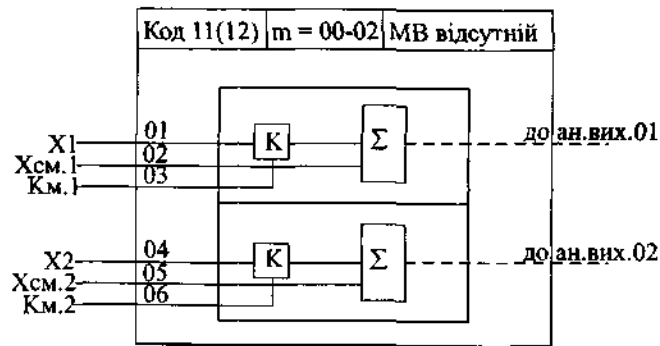


Рис. 3.26. Функціональна схема алгоритму АВА (АВБ).

Алгоритм містить чотири канали зв'язку, число яких задається модифікатором. Якщо імпульсний вихід використовується як у групі А, так і в групі Б, то загальне число імпульсних виходів не може перевищувати чотирьох. Кожний незалежний канал містить широтно-імпульсний модулятор (ШИМ), що перетворює вхідний сигнал X_i у послідовність імпульсів, шпаруватість яких визначається за формулою

$$Q = |X_i| / 100\%. \quad (3.4)$$

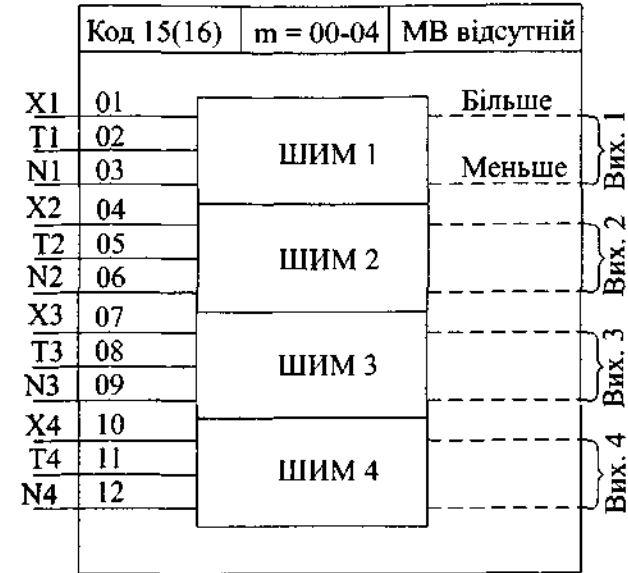


Рис. 3.27. Функціональна схема алгоритму ИВА (ИВБ)

При $|X| > 100\%$ величина $Q = 1$. Якщо $X_i > 0$, то імпульси формуються у вихідному колі "більше", а якщо $X_i < 0$ - у колі "менше". При $X_i = 0$ вихідний сигнал дорівнює нулю. Параметр T_i задає мінімальну тривалість вихідних імпульсів ($T_i = 0,12 \dots 3,84$ с). Параметр N_i визначає, до якого контуру АСР віднесений цей канал алгоритму ИВА (ИВБ). Цей параметр задається в разі необхідності синхронного засвічування лампових індикаторів ПЛ (більше, менше) з формуванням вихідних імпульсів. Наприклад, якщо встановлено параметр N_1 , то при роботі ШИМ1 на ПЛ контролера будуть засвічуватись індикатори при виклику першого контуру.

Алгоритм ВДА (код 09) і ВДБ (код 10) - увід дискретних груп А і Б - застосовуються для зв'язку функціональних алгоритмів з апаратними за-

собами дискретного вводу (з ДЦП). Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 3.28.

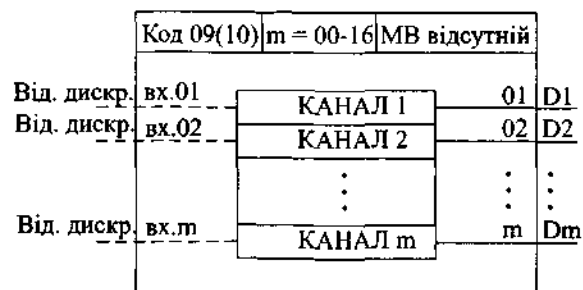


Рис.3.28. Функціональна схема алгоритму ВДА (ВДБ)

Алгоритм містить 16 ідентичних незалежних каналів, число яких задається модифікатором. Якщо напруга на *i*-му дискретному вході контролера дорівнює нулю, то сигнал на *i*-му виході алгоритму ВДА (ВДБ) $D_i = 0$. Якщо на *i*-й дискретний вхід контролера подано напругу 24 В, то сигнал на *i*-му виході набуває значення $D_i = 1$.

Алгоритми ДВА (код 13) і ДВБ (код 14) - дискретний вивід груп А і Б - застосовуються для зв'язку функціональних алгоритмів з апаратними засобами дискретного виводу (з ЦДП). Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 3.29.

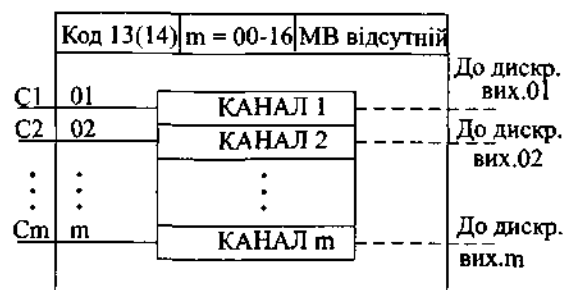


Рис.3.29. Функціональна схема алгоритму ДВА (ДВБ).

Алгоритм містить 16 незалежних ідентичних каналів, число яких задається модифікатором. Якщо на *i*-й вхід алгоритму надходить сигнал $C_i = 0$, то контакти *i*-го дискретного виходу розімкнені. Якщо $C_i = 1$, то контакти *i*-го дискретного виходу замикаються.

Алгоритм АВР (код 17) - аварійний вивід - дозволяє алгоритмічними засобами сформувати два незалежних сигнали на аварійних виходах контролера: на виході "відказ" і на виході "відімкнення інтерфейсу". Застосовується в тому разі, якщо будь-яка ситуація в об'єкті має розглядатись як аварійна, и також для блокування зв'язку контролера з абонентами по інтерфейсному каналу.

Крім того, алгоритм дає змогу виявити коротке замикання на дискретних чи імпульсних виходах контролера і ситуацію пов'язану з помилками в контролері. Функціональну схему алгоритму зображено на рис.3.30

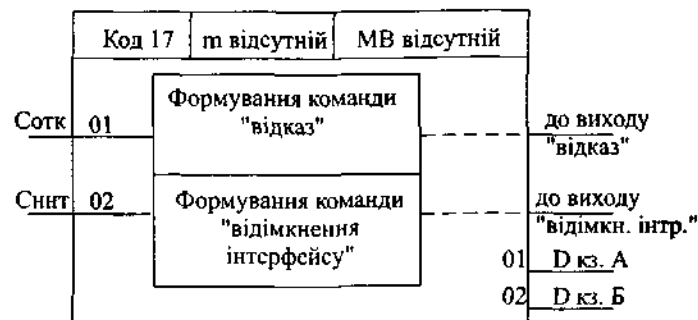


Рис.3.30 Функціональна схема алгоритму АВР.

Якщо на вхід відмови надходить сигнал $Сотк=1$, то на аварійному виході контролера формується сигнал відмови. Сигнал відмови, що формується алгоритмом, за схемою "ИЛИ" об'єднується із сигналом відмови, сформованим засобами самодіагностики контролера. При наявності сигналу відмови формується також сигнал "відімкнення інтерфейсу". Якщо на вхід "відімкнення інтерфейсу" надходить сигнал $Синт=1$, то на аварійному виході формується сигнал "відімкнення інтерфейсу". Алгоритм має також три дискретних виходи.

Два з них (Dкз.а, Dкз.б) свідчать про наявність короткого замикання на дискретних чи імпульсних виходах контролера. При наявності короткого замикання, наприклад, на виході в групі А, сигнал Dкз.а = 1, в протилежному разі Dкз.а = 0. На третьому виході (Dош) формується сигнал "помилки" (несправності) в контролері. При Dош = 1 помилка є. Цей вихід за конфігурацією можна зв'язати із входом алгоритму ИНВ, що дасть змогу передати інформацію про наявність помилки через інтерфейсний канал.

Алгоритм РАН (код 20) - регулювання аналогове - застосовується при побудові ПД-регулятора, що має аналоговий вихід. Додатково в ал-

горитмі можна обчислювати сигнал розузгодження, здійснювати його фільтрацію, вводити зону нечутливості і обмежувати вихідний сигнал за максимумом чи мінімумом. В алгоритмі є вузол настроювання, що дозволяє за допомогою алгоритму АНР автоматично змінювати параметри настроювання. Функціональна схема алгоритму, зображена на рис 3.31, містить кілька ланок.

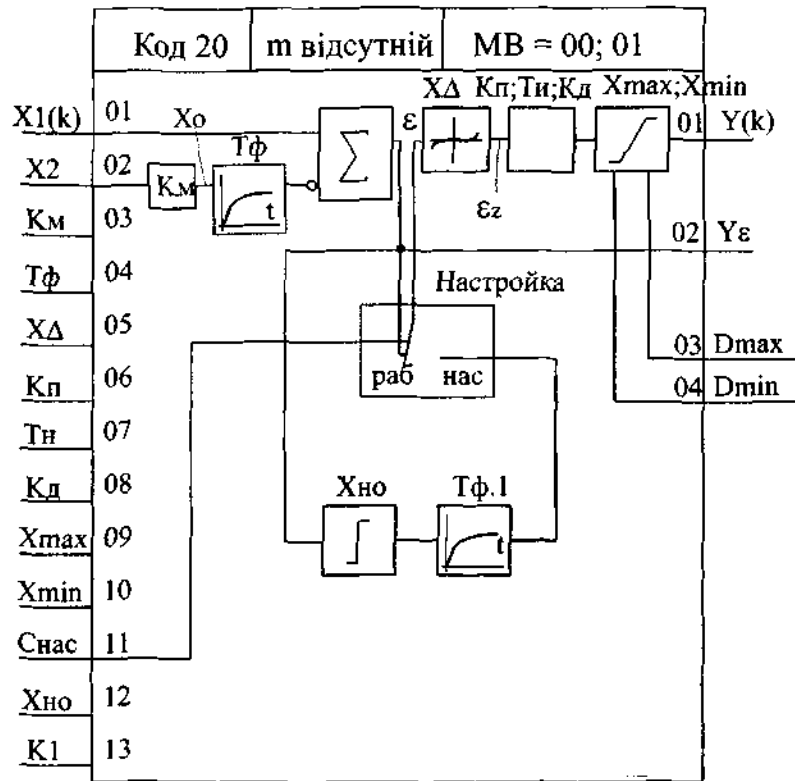


Рис.3.31 Функціональна схема алгоритму АНР.

Ланка розузгодження формує сигнал

$$\varepsilon = X_1 - K_m X_2 \quad (3.5)$$

де X_1 - немасштабований вхідний сигнал; K_m - масштабний коефіцієнт; X_2 - масштабований вхідний сигнал.

Вхідний сигнал X_2 перед суматором попередньо фільтрується та інвертується. При цьому фільтр реалізується рівнянням першого порядку зі сталою часу T_ϕ . Ланка нечутливості із зоною ε_z не пропускає на свій вихід сигнали, значення яких знаходяться всередині встановленого значення цієї зони. Сигнал ε_z на виході цієї ланки визначається виразами

$$\begin{aligned} \varepsilon_z &= 0 \text{ при } |\varepsilon| < X_{\Delta}/2, \\ \varepsilon_z &= (|\varepsilon| - X_{\Delta}/2) \text{sign} \varepsilon \text{ при } |\varepsilon| > X_{\Delta}/2 \end{aligned} \quad (3.6)$$

ПІД-ланка перетворює сигнал згідно з передаточною функцією

$$W(P) = K_p \left[1 + \frac{1}{T_i P} + \frac{K_d T_i P}{\left[1 + \frac{K_d T_i P}{8} \right]^2} \right], \quad (3.7)$$

де K_p , T_i , K_d - відповідно коефіцієнт пропорційності, стала часу інтегрування і коефіцієнт диференціювання, що визначає відношення сталої часу диференціювання T_d до T_i . Рівні обмеження ланки встановлюються коефіцієнтами X_{\max} і X_{\min} . Окрім двох вхідних сигналів X_1 і X_2 алгоритм має вісім настроюваних входів (03-13), що задають параметри настройки алгоритму. Додатково настроюваними вхідними параметрами є: $S_{\text{нас}}$ - командний сигнал переходу в режим настройки; $X_{\text{но}}$ - рівень сигналу на виході нуля-органу; K_1 - коефіцієнт, що залежить від властивостей об'єкта. При $S_{\text{нас}} = 0$ алгоритм переходить у режим роботи.

Алгоритм має чотири виходи. Вихід $Y(k)$ є основним. На виході формується відфільтрований сигнал розузгодження. Два дискретних виходи (D_{\max} і D_{\min}) фіксують момент настання обмеження вихідного сигналу $Y(k)$. Якщо сигнал $Y(k)$ лежить у діапазоні X_{\max} і X_{\min} , то сигнали $D_{\max} = D_{\min} = 0$.

Алгоритм РИМ (код 21) - регулювання імпульсне - застосовується при побудові ПІД-регулятора для АСР, що містить виконавчий механізм постійної швидкості. Окрім формування закону регулювання, алгоритм обчислює сигнал розузгодження, фільтрує його і вводить зону нечутливості. Аналогічно попередньому є вузол настройки. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 3.32.

На відміну від алгоритму АНР алгоритм РИМ містить ПІД² ланку з передаточною функцією виду

$$W(P) = K_p(T_m/T_i) \left[1 + T_{\text{н}}p + \frac{K_d T_{\text{н}}^2 p^2}{[1/8(K_d T_{\text{н}} p) + 1]^2} \right], \quad (3.8)$$

де T_m - час повного переміщення виконавчого механізму, що рухається з максимальною швидкістю.

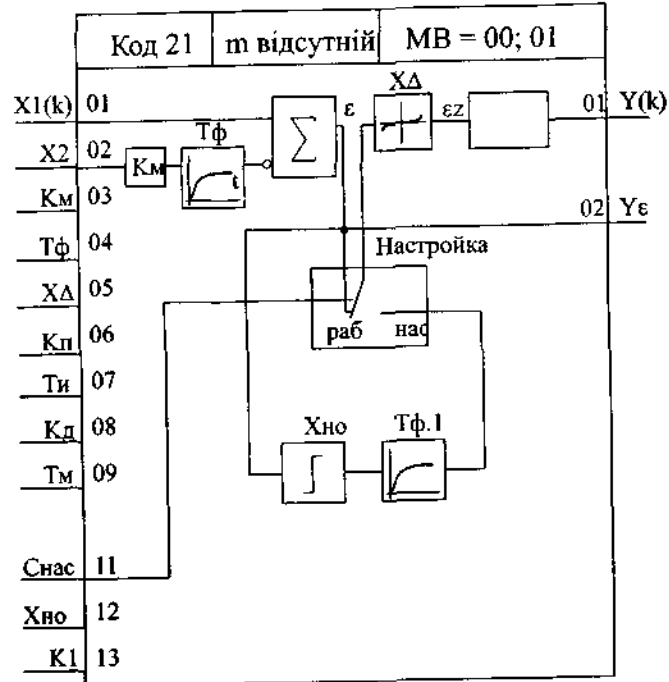


Рис.3.32. Функціональна схема алгоритму РИМ.

У поєднанні з інтегруючим виконавчим механізмом, що має передаточну функцію $W_{\text{им}}(P)=1/T_{\text{н}}P$, загальна передаточна функція регулятора з алгоритмом РИМ матиме вигляд

$$W_p(P) = K_p(T_m/T_i) \left[1 + \frac{1}{T_{\text{н}}p} + \frac{K_d T_{\text{н}} p}{[1/8 \cdot (K_d T_{\text{н}} p) + 1]^2} \right], \quad (3.9)$$

Алгоритм має два виходи. Вихід $Y(k)$ є основним, а вихід Y_{ϵ} формують сигнал розузгодження.

Алгоритм ЗДН (код 24) - завдання - застосовується для формування сигналу ручного завдання в АСР. Через цей алгоритм до регулятора підключаються також програмні задавачі й сигнал зовнішнього завдання. В АСР використовується в поєднанні з алгоритмом ОКО. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 3.33.

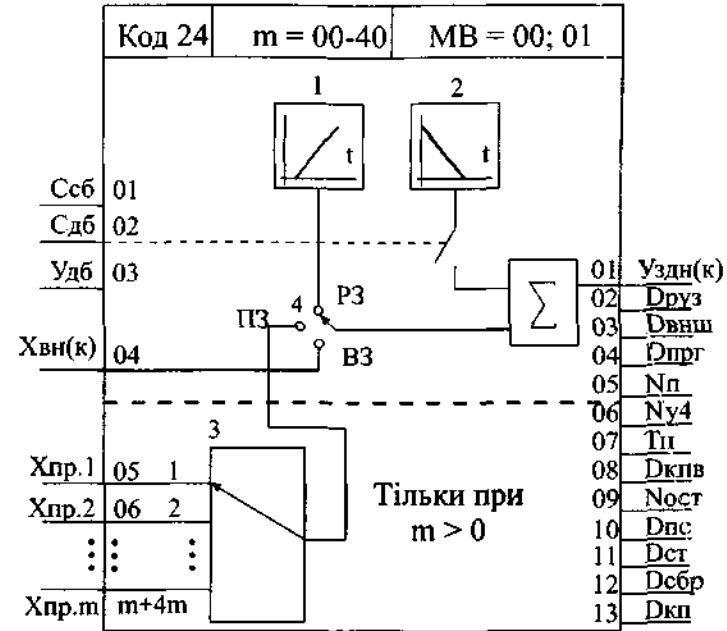


Рис. 3.33. Функціональна схема алгоритму ЗДН

Алгоритм містить вузол ручного завдання 1, динамічного балансування 2, перемикачі програм 3 і виду завдання 4. Алгоритм має модифікатор $0 < m < 40$, який визначає число незалежних програмних задавачів, що підключаються до регулятора. При відсутності програмних задавачів встановлюють $m = 0$. Зміна виду завдання ручне (РЗ), програмне (ПЗ) чи зовнішнє (ВЗ) - здійснюється перемикачем 4. У режимі ПЗ сигнал завдання надходить із входів $X_{\text{пр.}i}$ від програмних задавачів. У режимі ВЗ завдання надходить із входу $X_{\text{вн}}(k)$, який може бути з'єднаний з виходом будь-якого алгоблока. При ввімкненому статичному балансуванні ($C_{\text{сб}}=1$) вузол ручного задавача відмикається і відслідковує поточне завдання в ре-

жиммах ПЗ і ВЗ чи початкове значення на виході $Y_{здн}(k)$. Після вмикання ручного задавача останнє значення сигналу завдання запам'ятовується, а потім може бути змінено вручну. Якщо ввімкнено динамічне балансування ($C_{дб} = 1$), то при будь-яких перемиканнях перемикача 4 вузол 2 виробляє сигнал компенсації, за допомогою якого сигнал $Y_{здн}(k)$ у першу мить зберігається незмінним. Далі сигнал компенсації буде зменшуватися до нуля з постійною швидкістю, що задається входом $V_{дб}$. Вихідний сигнал $Y_{здн}(k)$ таким чином плавно переходить (безударно) до поточного значення будь-якого з видів завдання. Якщо $C_{сб} = C_{дб} = 1$, вузол ручного завдання (режим РЗ) працює згідно з правилами статичного балансування, а в режимах ПЗ і ВЗ, змін номера програми і вмикання алгоритму (режими ПЗ і ВЗ) діятиме динамічне балансування.

Дискретні виходи $D_{руз}$, $D_{внш}$, $D_{прг}$ призначені для індикації встановленого виду завдання. Наприклад, якщо $D_{руз} = 1$, а $D_{внш} = D_{прг} = 0$, то завдання ручне.

У випадку $m > 0$ (увімкнено хоча б один програмний задавач) алгоритм ЗДН має також інші виходи. Вихід N_p визначає номер програми, що виконується (положення перемикача 3), а вихід $N_{уч}$ - номер поточної ділянки програми. Відлік часу, що залишився до кінця поточної ділянки програми, встановлюється виходом T_p . Якщо в алгоритмах програмного задавача ПРЗ задано число повторень $N_{пвт} > 1$, то після закінчення кожного поточного повторення програми на один цикл роботи контролера ($T_0 = 0,2 + 2$ с) встановлюється дискретний сигнал (кінець повторень) $D_{кпв} = 1$. Після закінчення останнього повторення сигнали $D_{кп} = D_{кпв} = 1$ постійно і зберігають ці значення, доки програма не буде скинута ($D_{кп}$ - кінець програми). Якщо $N_{пвт} = 1$, то після закінчення програми $D_{кп} = D_{кпв} = 1$. Вихід $N_{ост}$ визначає число повторень програми, що залишилися. Дискретні сигнали $D_{пс}$, $D_{ст}$, $D_{сбр}$, дорівнюють логічній одиниці, якщо програма знаходиться в стані пуску, зупинки і скидання. На вході $Y_{руз}$ формується сигнал, ідентичний вихідному сигналу вузла ручного задавача. При $m = 0$ вихід $Y_{руз}$, має номер 05, а при $m > 0$ - номер 14.

Алгоритм ЗДЛ (код 25) - завдання локальне - використовується в складі каскадного регулятора і в поєднанні з алгоритмом ОКО. Цей алгоритм дає змогу передбачити перемикання каскадного регулятора в локальний режим і ручну зміну завдання веденого регулятора в цьому режимі. На рис. 3.34 зображено функціональну схему алгоритму.

Алгоритм містить вузол ручного завдання і перемикач режимів (ЛУ - локальне керування і КУ - каскадне керування). У схемах АСР його вмикують між веденим і ведучим регуляторами. У режимі КУ сигнал на вході $X(k)$ передається на його вихід $Y(k)$. Звичайно вхід $X(k)$ підмикається до виходу ведучого регулятора, а вхід веденого регулятора - до виходу $X(k)$. У режимі ЛУ завдання може змінюватися вручну за допомогою клавіш

ПЛ контролера. На дискретному виході $D_{лок}$ встановлюється значення $D_{лок} = 0$ у режимі КУ і $D_{лок} = 1$ у режимі ЛУ.

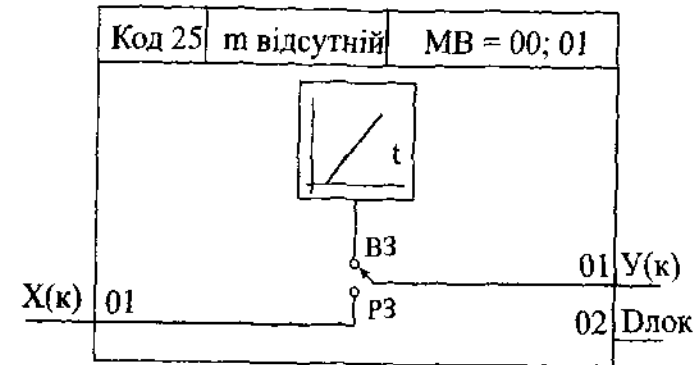


Рис. 3.34. Функціональна схема алгоритму ЗДЛ.

Алгоритм РУЧ (код 26) ручне управління - застосовується для зміни режимів управління регулятора в поєднанні з алгоритмом ОКО. При цьому може працювати у складі як аналогового так і імпульсного регулятора. На рис. 3.35 зображено функціональну схему алгоритму.

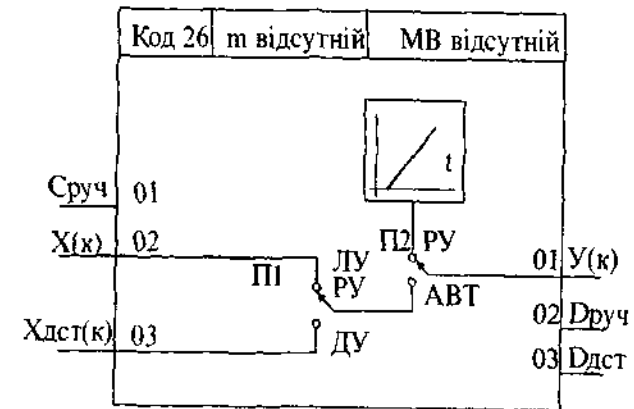


Рис. 3.35. Функціональна схема алгоритму РУЧ.

Алгоритм містить перемикачі режимів роботи П1, П2 і вузол ручного управління. Якщо на ПЛ контролера натискається клавіша ручного режиму, то до виходу алгоритму РУЧ підмикається вузол ручного управлін-

ня. При завданні в алгоритмі ОКО аналогового регулятора вузол ручного управління алгоритму РУЧ працює за принципом "більше-менше". Якщо в алгоритмі ОКО задано імпульсний регулятор, то вузол ручного управління формує константу (-100, -25, 0, 25 чи 100 %), що визначає середню швидкість переміщення виконавчого механізму.

Якщо на ПЛ контролера натискається клавіша автоматичного режиму управління, то вузол ручного управління відмикається і вихід $Y(k)$ алгоритму РУЧ з'єднується з його входом $X(k)$, чи $X_{дст}(k)$. Із входом $X(k)$ вихід $Y(k)$ з'єднується в режимах ДУ і КУ, а із входом $X_{дст}(k)$ - у дистанційному режимі (ДУ). За допомогою входу $S_{руч} = 1$ алгоритм може бути примусово переключений у ручний режим. При цьому його переведення в автоматичний режим (АВТ) блокується. Перехід у режим АВТ здійснюється тільки вручну. При положенні перемикача П2 у положенні РУ сигнал $D_{руч} = 1$, у протилежному разі $D_{руч} = 0$. Якщо перемикач П1 знаходиться в положенні ДУ, то $D_{дст} = 1$. Для іншого положення П1 $D_{дст} = 0$.

Алгоритм ПР3 (код 27) - програмний задавач - формує кусково лінійну функцію часу, яка може вміщувати до 47 відрізків. Для кожного відрізка задається його тривалість за часом і кінцева ордината. Передбачено можливість запускати, зупиняти і скидати програму. Окрім того, програма може виконуватися задане число разів. На рис. 3.36 зображено функціональну схему алгоритму ПР3.

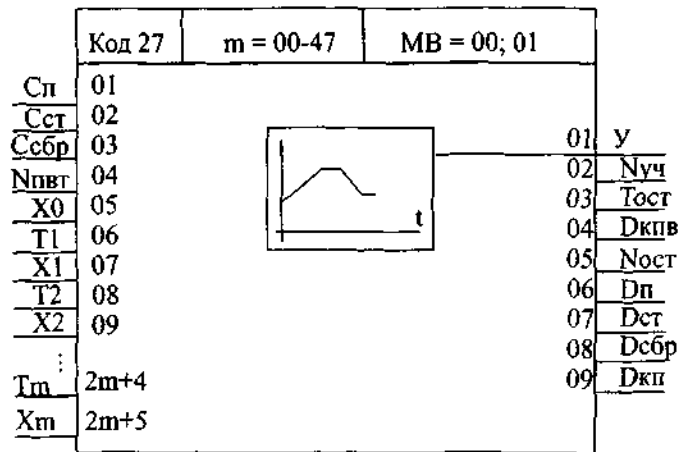


Рис. 3.36. Функціональна схема алгоритму ПР3.

Вхідні сигнали X_i і T_i на настроюваних входах задають відповідно кінцеві ординати і тривалість окремих ділянок на виході Y . При цьому в

стані скидання сигнал Y на виході алгоритму має початкове значення $Y_0 = X_0$. Якщо вихід Y з'єднаний з одним із входів $X_{пр}$ алгоритму ЗДН, то запускати, зупиняти та скидати програму можна за допомогою клавіш ПЛ контролера. Незалежно від зв'язку з алгоритмом ЗДН алгоритм ПР3 може бути переведений у стан пуску, зупинки та скидання дискретними сигналами $S_{п}$, $S_{ст}$ і $S_{сбр}$ при їх переході до значення логічної одиниці. Сигнал $S_{сбр}$ є пріоритетним, і при $S_{сбр} = 1$ алгоритм ПР3 не можна перевести в інші стани ні за допомогою ПЛ, ні за допомогою команд $S_{п} = S_{ст} = 1$. При одночасних командах $S_{п} = S_{ст} = 1$ виконуватиметься команда зупинки. Кількість повторень програми задається командою $N_{пвт}$ на вході. При $N_{пвт} = 1$ команда виконується один раз, після чого програма переходить у стан КП (кінець програми) і вихідний сигнал $D_{кп} = 1$. При $N_{пвт} > 1$, якщо програма доходить до кінця, вона автоматично переходить на початок і буде знаходитись у стані пуску, доки не закінчиться задане число повторень. Після кожного закінчення програми сигнал $D_{кпв}$ (кінець повторення) переходить у стан логічної одиниці.

Інші виходи мають таке призначення: $N_{уч}$ - поточний номер ділянки програми; $T_{ост}$ - час, що залишився до закінчення поточної ділянки; $N_{ост}$ - число повторень програми, що залишилося;

$D_{п}$, $D_{ст}$, $D_{сбр}$ - дискретні сигнали, що реєструють стан програми, відповідно пуску, зупинки і скидання.

Алгоритм ИНЗ (код 28) - інтегруючий задавач - застосовується для дистанційної зміни завдання за принципом "більше-менше". На рис. 3.37 показано функціональну схему алгоритму. За допомогою двох дискретних входів $S_б$ і $S_м$ алгоритму здійснюється управління зміною вихідного сигналу відповідно в бік збільшення і зменшення. При $S_б = S_м = 0$ чи $S_б = S_м = 1$ вихідний сигнал запам'ятовується. На вхід $S_б$ може бути поданий сигнал статичного балансування, а на входах V_0 і V_m задаються початкова (мінімальна) і максимальна швидкості зміни завдання. При $S_б = 1$ вихід алгоритму встановлюється каскадним, і він припиняє реагувати на вхідні команди $S_б$ і $S_м$.

Алгоритм ПОК (код 29) - пороговий контроль - дозволяє контролювати до 20 аналогових сигналів, порівнюючи кожний із них з припустимими для них верхнім і нижнім значеннями. Використовується разом із алгоритмом ОКО. При виході за межі припустимих значень засвічується один із індикаторів ПЛ "ошибка контура" чи "ошибка програми". На рис. 3.38 зображено функціональну схему алгоритму.

Кількість контрольованих сигналів X_i задається модифікатором m . По кожному вхідному каналу здійснюється порівнювання з верхньою і нижньою уставкою. Якщо хоча б один із контрольованих сигналів досягне заданої для нього уставки, вихідний сигнал $D = 1$, інакше $D = 0$. При цьому на виході N формує номер вхідного сигналу i , який вийшов за задані

межі. Якщо кілька сигналів вийшли за припустимі межі, тоді N дорівнює молодшому із цих сигналів.

Алгоритм АНР (код 30) - автонастройка регулятора - використовується для автоматизації процесу розрахунку динамічної настройки регулятора і застосовується разом з алгоритмами РАН і РИМ. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 3.39.

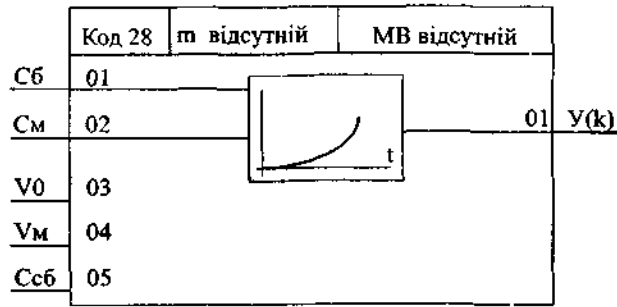


Рис.3.37. Функціональна схема алгоритму ИНЗ.

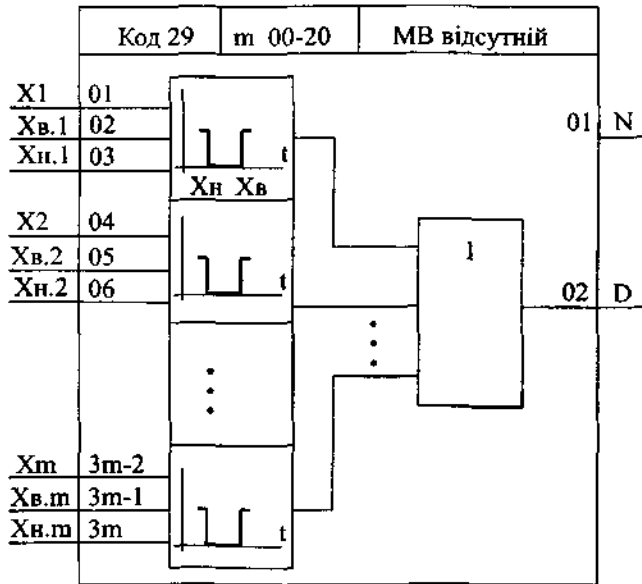


Рис.3.38. Функціональна схем алгоритму ПОК

Вона містить три вузли: виділення сигналу розузгодження ϵ і поточних значень параметрів настройки K_p і T_i , аналізу параметрів коливань; розрахунку параметрів настройки. Звичайно вхід $X_{вх}$ алгоритму підмикається до виходу 4 алгоритмів РАН чи РИМ. При такій схемі алгоритм АНР виділяє сигнал ϵ і поточні значення K_p і T_i , що встановлені в алгоритмі РАН (РИМ), а також значення $X_{но}$, встановлене в цьому алгоритмі.

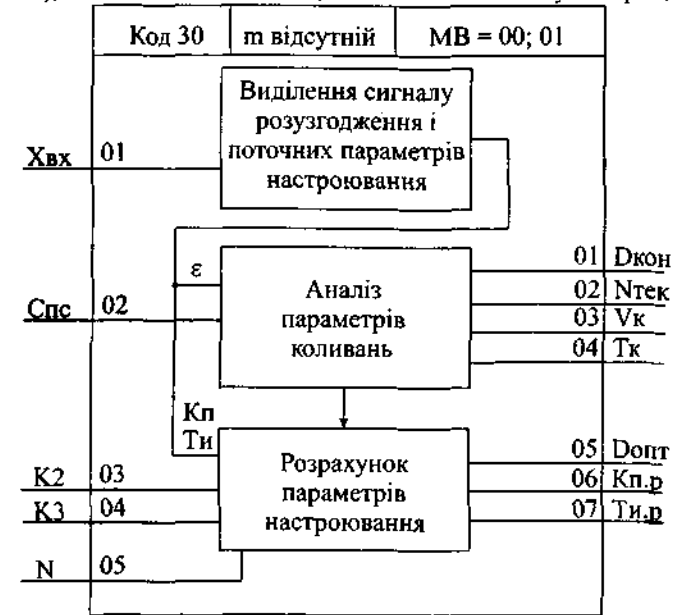


Рис.3.39. Функціональна схема алгоритму АНР

Виділений сигнал ϵ надходить на вхід вузла аналізу параметра коливань. Аналіз починається при команді $Спс = 1$ (пуск). В результаті чого даний вузол визначає усереднене значення амплітуди Y_k і періоду T_k коливань. На вході N алгоритму задається максимальне число періодів коливань, протягом яких виконується аналіз. При закінченні аналізу за число періодів, що менше чи дорівнює N на дискретному виході $D_{кон}$ формується одиничний сигнал. Результати аналізу параметрів коливань разом з виділеними значеннями поточних параметрів настройки K_p і T_i надходять на вхід вузла розрахунку параметрів. На вході цього вузла задаються також два настроюваних коефіцієнти K_2 і K_3 , що попередньо розраховані. Якщо інформація про об'єкт відсутня, то беруть $K_2 = 0,92$, а $K_3 = 3,7$. На підставі цих даних вузол визначає розрахункові значення $K_{пр}$ і $T_{ир}$. При

досягненні шми параметрами значень, близьких до оптимальних, на дискретному виході сигнал Допт = 1. У стані скидання (Спс = 0) значення Допт = 0, а величини Кпр і Тир дорівнюють значенням, що розраховані на попередньому циклі. Вихід Nтек фіксує номер поточного періоду коливань. У випадку використання ПІД-закону регулювання в алгоритмі РАН (РИМ) після визначення Кп і Ти установлюється коефіцієнт Кд = Тд/Ти ≈ 0,1...0,3. Значення Кп при цьому можна підвищити на 20...40%. При настроюванні може бути використана як ручна оцінка коливань, так і автоматичний розрахунок настройок.

Алгоритм ИНТ (код 33) використовується для інтегрування чи запам'ятовування сигналу. На рис. 3.40 зображено функціональну схему алгоритму, що містить інтегруючий і пороговий елементи.

Вхід X(k) і вихід Y(k) алгоритму каскадні. Стала інтегрування задається на вході Ти. У алгоритмі передбачається установлення початкових умов по входу Xнач. При входному дискретному сигналі Снач = 1 інтегратор переходить у режим установлення початкових умов і вихід Y = Xнач. Якщо Снач = 0, виконується основна функція інтегратора. По входу Xпор встановлюється обмеження, і якщо Y > Xпор, то дискретний сигнал D = 1.

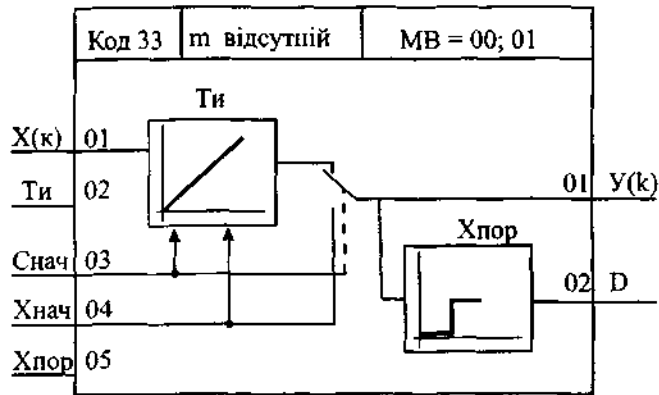


Рис. 3.40. Функціональна схема алгоритма ИНТ.

Алгоритм ДИФ (код 34) застосовується в схемах динамічної корекції для одержання сигналів, що зв'язані зі швидкістю зміни параметра. Функціональну схему алгоритму зображено на рис.3.41 якій являє собою реальну диференціальну ланку з регульованим коефіцієнтом підсилення по входу Км і сталою диференціювання по входу Тд. Вхід X і вихід Y алгоритму не каскадні. По входу С0 = 1 надходить команда занулення, і Y = 0 незалежно від вхідного сигналу.

Алгоритм ФИЛ (код 35) використовується для фільтрації високочастотних завад, а також для динамічної корекції. На рис. 3.42 зображено функціональну схему алгоритму, що являє собою фільтр низьких частот першого порядку. Вхід X(k) і вихід Y(k) каскадні. По входу задається стала часу фільтра.

Алгоритм ДИН (код 36) - динамічне перетворення в АСР - застосовується для введення інтегрально-диференціальної корекції. На рис. 3.43 зображено функціональну схему алгоритму, що має каскадний вхід X(k) і вихід Y(k). По входу Км задається коефіцієнт підсилення, а по входах Т1 і Т2 - сталі часу знаменника та чисельника.

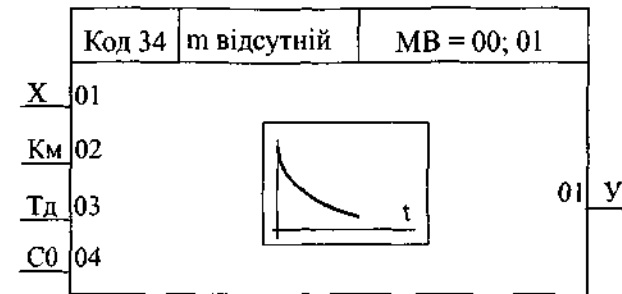


Рис.3.41. Функціональна схема алгоритму ДИФ

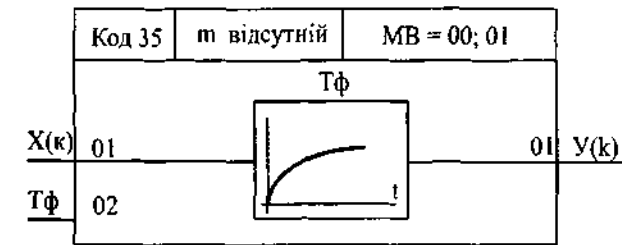


Рис.3.42. Функціональна схема алгоритму ФИЛ.

Алгоритм ДИБ (код 37) застосовується для балансування відімкненого кола, що забезпечує безударне вмикання кола виробленням балансуєного сигналу, який після вмикання плавно зменшується до нуля. На рис. 3.44 зображено функціональну схему алгоритму, що містить вузол динамічного балансування з настроюваною швидкістю Vб і суматор.

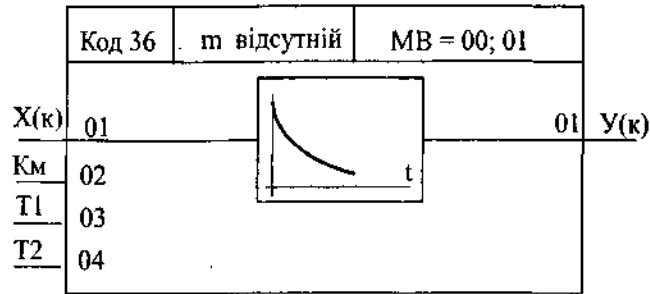


Рис.3.43. Функціональна схема алгоритму ДИН.

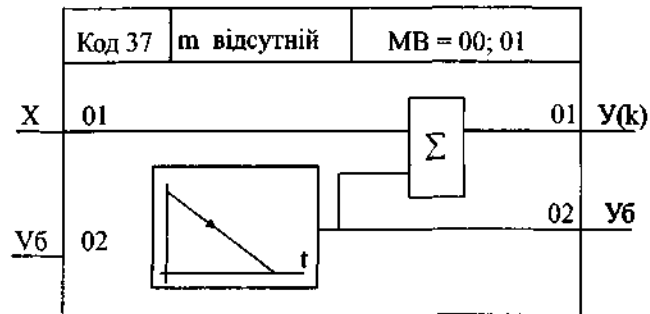


Рис.3.44. Функціональна схема алгоритму ДИБ.

У ввімкненому стані вихідний сигнал визначається рівнянням:

$$Y(k) = X + Y6, \tag{3.10}$$

де X-вхідний сигнал; Y6-вихідний сигнал вузла балансування.

У сталому режимі V6=0 і Y(k)=X.

Алгоритм СУМ (код 42) використовується для підсумовування (без масштабування) до 21 сигналу. Число сигналів задається модифікатором m=0...20. На рис. 3.45 показано функціональну схему алгоритму, для якого при m=0 на вході є сигнал X0, при m=1 - сигнал X0 і X1 і т.д. Вхід X0(k) і вихід Y(k) - каскадні.

Алгоритм СМА (код 43) застосовується в АСР при побудові регуляторів співвідношення чи для введення статичної корекції. Число сигналів, що масштабуються з коефіцієнтом Km і підсумовуються Xi, задаються модифікатором m=0...20. Немасштабований основний сигнал X0 присут-

ній завжди, незалежно від m. На рис. 3.46 зображено функціональну схему алгоритму.

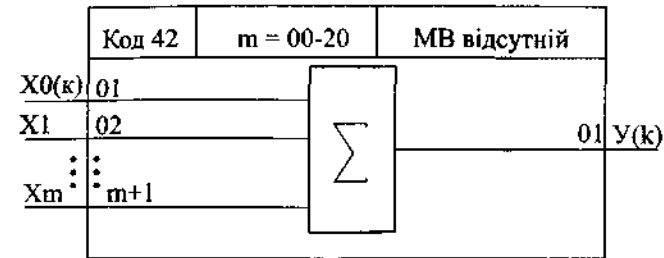


Рис.3.45 Функціональна схема алгоритму СУМ.

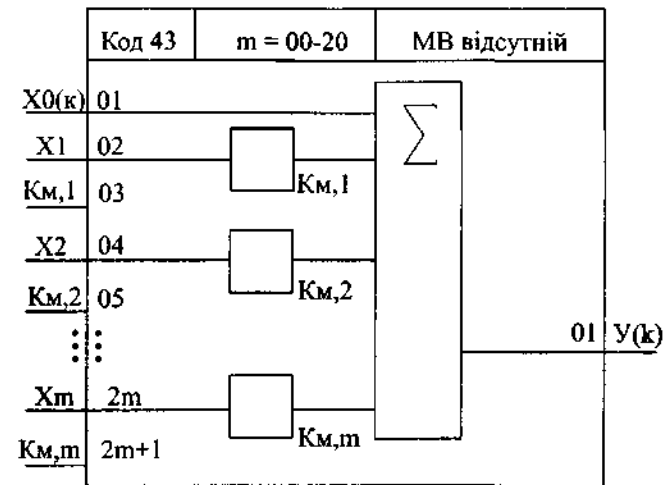


Рис.3.46 Функціональна схема алгоритму СМА.

Алгоритм УМД (код 44) призначений для виконання математичних операцій множення і ділення. На рис.3.47 зображено функціональну схему алгоритму. Алгоритм формує вихідний Y(k) сигнал за рівнянням

$$Y(k) = \frac{X_1(k) X_2}{X_3} \tag{3.11}$$

де X1 - X3- вхідні сигнали.

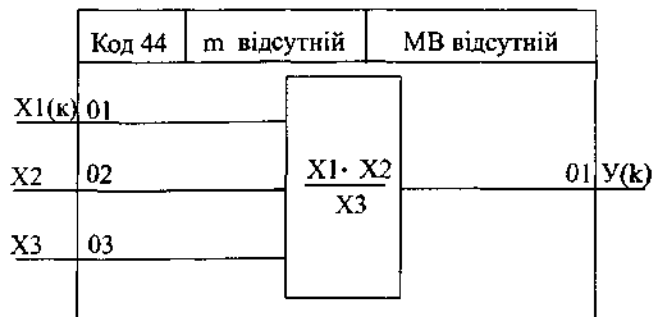


Рис.3.47 Функціональна схема алгоритму УМД.

Алгоритм КОР (код 45) застосовується для статичної корекції, зокрема, для лінеаризації характеристики датчика витрат. На рис. 3.48 зображено функціональну схему алгоритму, вихідний сигнал $Y(k)$ якого формується згідно з формулою

$$Y(k) = 10\sqrt{X(k)} \text{ при } X > 0; \quad (3.12)$$

$$Y(k) = -10\sqrt{|X(k)|} \text{ при } X < 0;$$

де $X(k)$ – вхідний сигнал, %. При $X(k) = 100\%$ вихідний сигнал $Y(k) = 100\%$

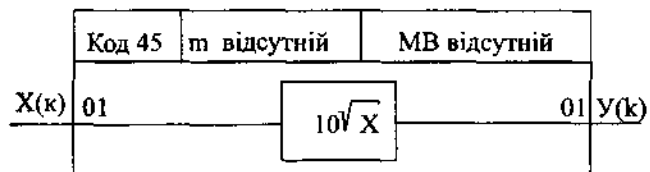


Рис. 3.48. Функціональна схема алгоритму КОР

Алгоритм КУС (код 47) - кусково-лінійна функція - застосовується для лінеаризації нелінійної залежності сигналу від датчика, а також для штучного введення нелінійності у вигляді зони нечутливості, релейної характеристики і т.ін. На рис. 3.49 зображено функціональну схему алгоритму. Число відрізків лінеаризації задається модифікатором $m = 0...49$. При $m = 0$ вихідний сигнал $Y = 0$ незалежно від вхідного сигналу X . Координата кінця відрізка визначається парою сигналів X_i і Y_i (абсциса та ордината кінця відрізка), які задаються значеннями сигналів на налаштованих входах. При $X < X_i$ та $X > X_m$ вихідний сигнал $Y = \text{const}$. На виході $N_{уч}$

формується число, що визначає номер поточної ділянки лінеаризації. Для правильної роботи алгоритму необхідно дотримуватися умови $|Y_{i+1} - Y_i| < 200\%$.

Алгоритм ОГР (код 48) використовується для обмеження верхньої чи нижньої межі діапазону зміни сигналу. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 3.50. На двох дискретних виходах D_B і D_H фіксується досягнення сигналом меж обмеження, рівень яких задається налаштованими входами X_B і X_H . Для правильної роботи алгоритму необхідно дотримуватися умови $X_B > X_H$. При виході вхідного сигналу $X(k)$, за зону обмеження на відповідному дискретному виході з'являється одиничний сигнал.

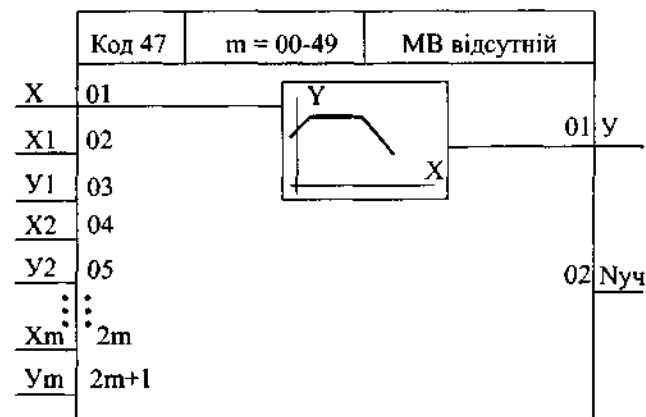


Рис. 3.49. Функціональна схема алгоритму КУС

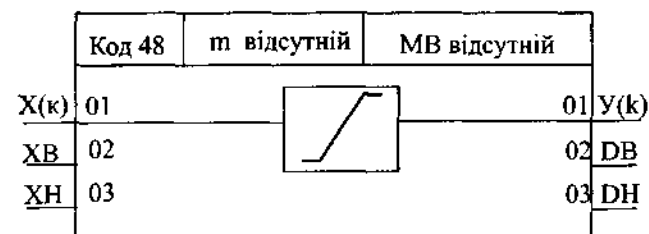


Рис. 3.50. Функціональна схема алгоритму ОГР

Алгоритм СКС (код 49) - ковзне середнє - застосовується для обчислення середнього $Y_{ср}$ з кількох останніх відрізків аналогового сигналу X .

Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 3.51. Алгоритм містить 12 комірок пам'яті, число яких задається модифікатором m . По кожній команді відліку Соте робиться "проштовхування" сигналів через комірки пам'яті. Поточне значення останньої комірки є вихідним сигналом і надходить на вихід Узап. Виходи X_i , усіх комірок запізнювання підсумовуються та усереднюються за рівнянням

$$Y_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^m x_i / m \quad (3.13)$$

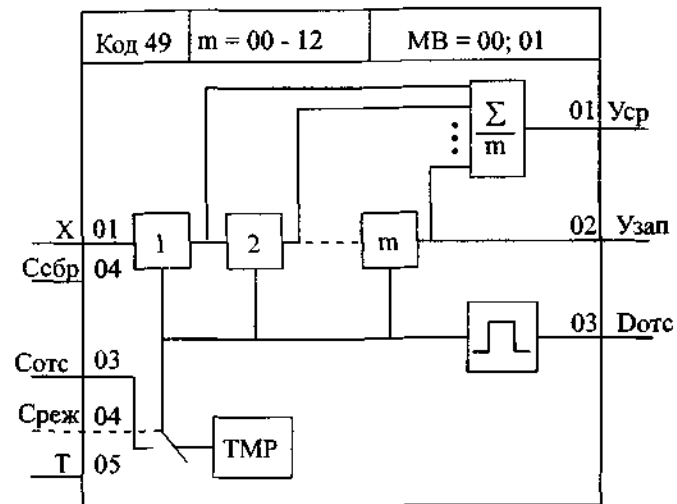


Рис. 3.51. Функціональна схема алгоритму СКС

При $m=0$ вихідний сигнал $Y_{\text{ср}}=X$ і ознака відліку $Dotc=0$. Команда відліку може надходити як від внутрішнього таймера TMP , так і зовні. В останньому випадку на вхід вибору режиму надходить сигнал $Среж=1$. Інтервал часу між відліками задається за допомогою настроюваного входу $T = 0,2 \dots 2$ с. За командою "сброс" ($Ссбр = 1$) в усі комірки пам'яті записується сигнал на вході X і вихід $Y_{\text{ср}} = X$, тобто запізнювання відсутнє. Час запізнювання визначається рівнянням

$$\tau_{\text{зап}} = mT \quad (3.14)$$

На відміну від розглянутого алгоритму $ЗАП$ (код 39) - запізнювання - має каскадні вхід $X(k)$ та вихід $Y(k)$ і не містить суматора. Тому він за-

стосовується в основному при моделюванні ланки чистого запізнювання чи для введення динамічної корекції.

Алгоритм ДИС (код 50) - дискретне середнє - застосовується для усереднення аналогового сигналу або на фіксованому відрізку часу, або за задане число відліків. На рис. 3.52 зображено функціональну схему алгоритму.

Алгоритм містить одну комірку пам'яті, в якій підсумовуються значення вхідного сигналу, одержані за m відліків. Далі результат ділиться на m . Число відліків задається модифікатором $m = 0 \dots 99$. Команда відліку формується аналогічно алгоритму СКС. Лічильник CT відлікує поточне число відліків N , і в момент $N = m$ середнє значення, що обчислене суматором, запам'ятовується в комірці "пам'ять виходу". При цьому відновлюється сигнал на виході $Y_{\text{ср}}$. У кінці інтервалу усереднення сигнал на виході $D_{\text{ком}}=1$ (кінець відліку). Для ініціювання нового інтервалу усереднення на вхід перезавпуску подається сигнал $Спер=1$. Якщо необхідно забезпечити безперервне усереднення за певні інтервали, тоді вихід $D_{\text{кон}}$ з'єднується з виходом $Спер$. Команда $Ссбр$ має пріоритет над командою $Спер$.

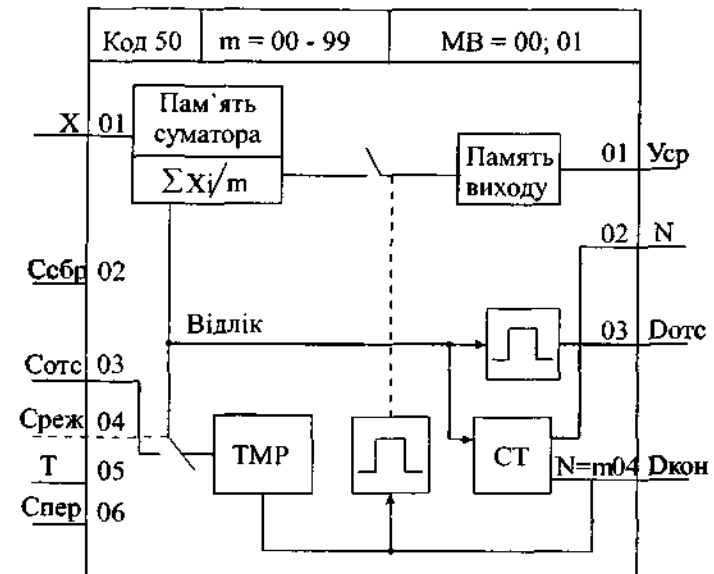


Рис. 3.52. Функціональна схема алгоритму ДИС

Алгоритм МИН (код 51) - використовується для виділення мінімального із кількох сигналів. Число вхідних сигналів задається модифікатором

$m = 0 \dots 99$. На рис. 3.53 зображено функціональну схему алгоритму. Алгоритм має додатковий вихід $N_{вх}$, на якому формується число, що визначає номер вхідного сигналу X_m , що пройшов на вихід. Якщо цих сигналів кілька, то $N_{вх}$ вказує на мінімальний його номер із групи цих входів.

Алгоритм МКС (код 52) - застосовується для виділення максимального із кількох сигналів. На рис. 3.54 зображено функціональну схему алгоритму, в якого маркіровка входів і виходів аналогічна попередньому алгоритму.

Алгоритм СИТ (код 53) - застосовується для виділення середнього із трьох вхідних аналогових сигналів ($X_1 - X_3$). На рис. 3.55 зображено функціональну схему алгоритму. Алгоритм містить вузол виділення середнього із трьох сигналів і логіку, що фіксує неприпустиме відхилення одного із сигналів від середнього. Вихідний сигнал Y дорівнює одному із трьох вхідних сигналів. Номер сигналу, що пройшов на вихід визначається на вході N_0 . На виходах D і N фіксується відхилення одного з крайніх сигналів

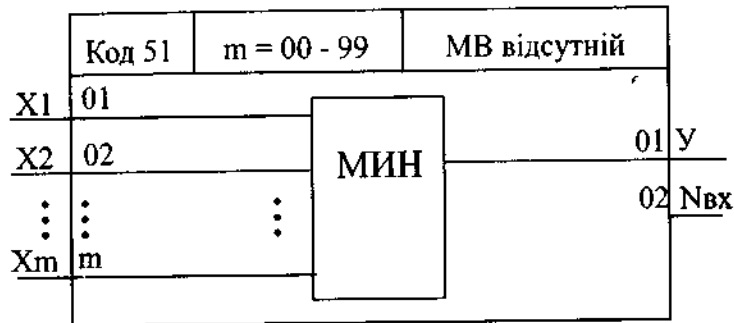


Рис. 3.53 Функціональна схема алгоритму МИН

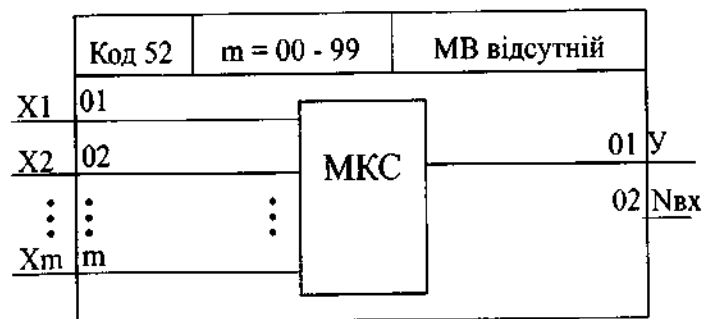


Рис. 3.54. Функціональна схема алгоритму МКС.

від значення середнього сигналу на величину, що перевищує задану зону нечутливості X_{Δ} . При рівності вхідних сигналів вихід N_0 вказує старший номер входу.

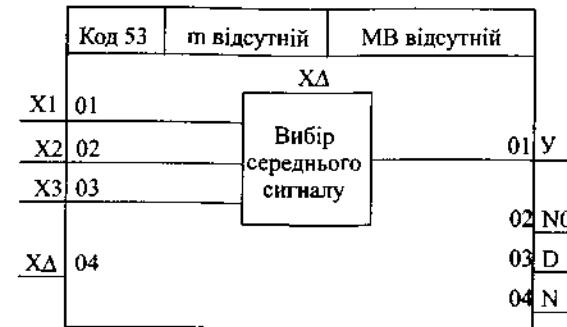


Рис. 3.55. Функціональна схема алгоритму СИТ

Алгоритм ЭКС (код 54) - застосовується для пошуку і фіксації екстремального значення сигналу, що змінюється за часом. На рис. 3.56 зображено функціональну схему алгоритму, що містить фільтр низьких частот T_f і вузол виділення екстремуму ВЭК. На виходах Y_{max} і Y_{min} , фіксується останнє відповідно максимальне і мінімальне значення вхідного сигналу X . Виходи Y_{max} і Y_{min} , залишаються незмінними аж до виявлення чергового екстремуму. Момент виявлення максимуму чи мінімуму на час циклу роботи БК фіксується на дискретних виходах D_{max} і D_{min} видачею одиничного сигналу.

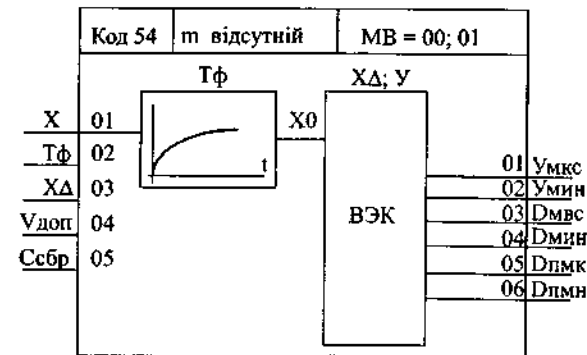


Рис. 3.56. Функціональна схема алгоритму ЕКС

На дискретних виходах $D_{пмк}$ (пошук максимуму) і $D_{пмін}$ (пошук мінімуму) формуються сигнали, що свідчать про безперервність пошуку.

При $C_{сбр} = 1$ (команда скидання) пошук екстремуму не ведеться і $D_{пмк} = D_{пмін} = 0$. Зона нечутливості і стала часу фільтра задаються на настроюваних входах X_d і T_f . На вході $V_{доп}$ встановлюється припустима швидкість зміни сигналу, при якій фіксується екстремум.

Алгоритм МСШ (код 55) - застосовується для масштабування кількох аналогових сигналів. На рис. 3.57 зображено функціональну схему алгоритму, в кожній ланці масштабування якої виконується співвідношення

$$Y_i = K_{mi} X_i, \quad (3.15)$$

де K_{mi} – масштабний коефіцієнт; X_i, Y_i – вхідний та вихідний сигнали.

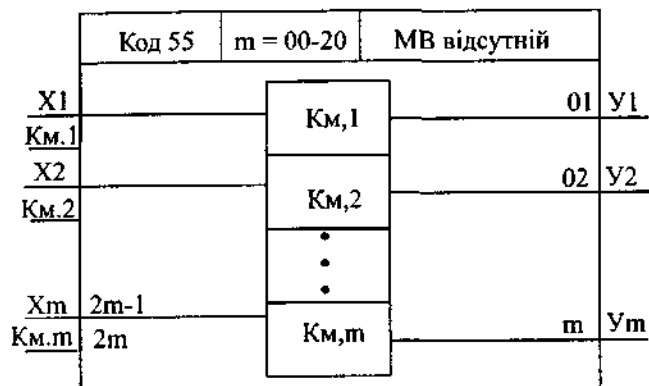


Рис. 3.57. Функціональна схема алгоритму МСШ

Алгоритм ЗАИ (код 62) - застосовується для заборони підвищення чи зменшення сигналу в схемах технологічного захисту. На рис. 3.58 зображено функціональну схему алгоритму, який містить вузли заборони, динамічного балансування і підсумовування. Вузол заборони працює в напрямку підвищення (Св-угору) чи зменшення (Сн –униз). Два дискретних виходи D_v і D_n сигналізують про роботу алгоритму в режимі заборони ($D_v = D_n = 1$). Вузол балансування вмикається по команді дискретного сигналу $C_6 = 1$. При цьому в режимі $C_n = 0$ чи $C_v = 0$ (команда заборони відсутня) вихідний сигнал формується за рівнянням

$$Y(k) = X(k) + Y_6; \quad (3.16)$$

$$Y_6 = \sigma - V_6 t, \quad (3.17)$$

де Y_6 – сигнал балансування; V_6 - швидкість балансування; t – поточний час; σ - початкове значення сигналу балансування при $t=0$.

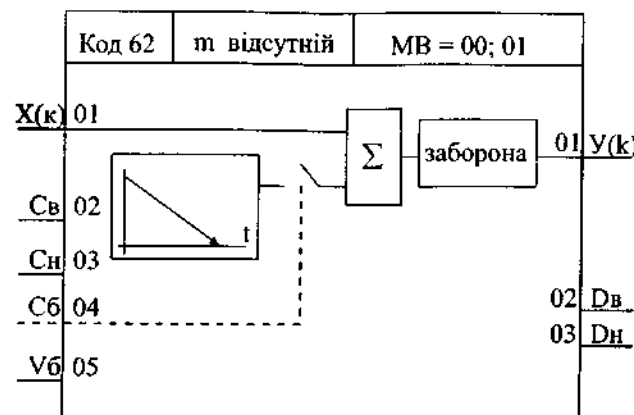


Рис. 3.58. Функціональна схема алгоритму ЗАИ

Із виразів (3.16), (3.17) випливає, що в момент закінчення балансування $Y_6 = 0$, а $Y(k) = X(k)$. У разі надходження команди заборони, наприклад $C_v = 1$, і підвищення $X(k)$ алгоритм переходить у режим "запрет вверх". При цьому $D_v = 1$, а $Y(k) = Y_1 = \text{const}$, де Y_1 - значення $Y(k)$ у момент надходження команди $C_v = 1$. При відсутності балансування і команд заборони $Y(k) = X(k)$. Якщо $C_v = 1$ і $Y(k) < X(k)$, то алгоритм перейде в режим "запрет вверх" і на виході зберігатиметься постійне значення Y_1 доти, доки сигнал $Y_1 > X(k)$. Після цього режим заборони знімається і $Y(k) = X(k)$.

Алгоритм ЗАЗ (код 63) - застосовується для заборони переходу сигналу в зону додатних чи від'ємних значень. Найчастіше використовується з алгоритмом РИМ для заборони переміщення виконавчого механізму в напрямі "більше" чи "менше". На рис. 3.59а зображено функціональну схему алгоритму, що містить вузол заборони, який управляється вхідними дискретними сигналами C_+ і C_- . Вихідні сигнали D_+ і D_- фіксують відповідні режими заборони. Наприклад, по команді $C_+ = 1$ і $X(k) > 0$ забороняється перехід $Y(k)$ у зону додатних значень, при цьому на виході $D_+ = 1$.

Алгоритм СЧИ (код 86) - застосовується для порівняння чисел, коли потрібно зафіксувати досягнення числовою змінною N_i , заданого N_{oi} значення. Функціональну схему алгоритму зображено на рис. 3.59б.

Алгоритм містить до 20 незалежних каналів порівняння ($m=0...20$). При $m=0$ алгоритм не задіяний, Кожний канал порівнює між собою два числа, що надходять на вході N_i і No_i , та виробляє дискретний сигнал на виході D_i . Якщо $N_i < No_i$, то $D_i=0$. У протилежному разі $D_i=1$.

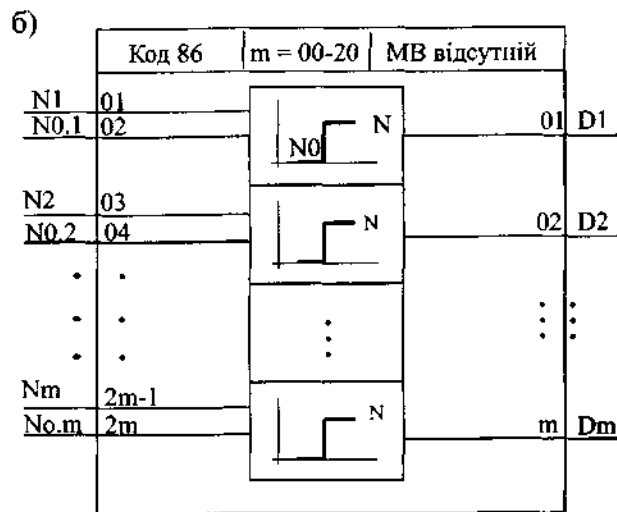


Рис. 3.59. Функціональна схема алгоритму ЗАЗ (а) і СЧИ (б).

Виконання функціональних схем здійснюється за допомогою алгоритмів контролера, які зображені у вигляді однакових прямокутників довільних розмірів з урахуванням номеру алгоблоку і позначення алгоритму, системи зв'язків між входами і виходами (конфігурація) і наявності (при необхідності) інверсії сигналу на вході алгоритму. Крім того, на схемі бажано вказувати числові значення параметрів настройки, що задаються на настроюваних входах алгоритмів, і відмічати, чи є даний параметр константою, що встановлюється в режимі програмування, чи коефіцієнтом, який можна змінювати в режимі оперативного управління. При конфігуруванні необхідно керуватись такими правилами:

- будь-який вихід будь-якого алгоблоку можна зв'язати з будь-яким входом будь-якого алгоблоку чи залишити вільним;
- на будь-якому вільному вході будь-якого алгоблоку можна вручну задавати сигнал у вигляді константи чи коефіцієнта;
- на будь-якому зв'язаному вході будь-якого алгоблоку сигнал можна інверсувати.

У процесі конфігурування алгоблоків різнотипність сигналів на з'єднаних входах і виходах не є перешкодою для їх з'єднання. Єдине, що необхідно при цьому враховувати, - це взаємну відповідність діапазону зміни різних сигналів (табл. 3.20).

Таблиця 3.20 Відповідність сигналів на входах і виходах алгоблоків у процесі конфігурування

Сигнал на вході алгоблока (приймач)	Сигнал на виході алгоблока			
	Аналоговий $X\%$	Часовий T , с, хв, год	Числовий N	Дискретний C
1	2	3	4	5
Аналоговий $X\%$	$X=X$	$X=T/4,096$	$X=N/40,96$	$X = -100$ при $C=0$; $X=100$ при $C=1$
Часовий T , с, хв, год	$T=4,096$ при $0 < X < 199,9$ $T=0$ при $X < 0$ $T=\infty$ при $X = 199,9$	$T=T$	$T=0,1N$ при $0 < N < 8191$; $T=0$ при $N < 0$; $T=\infty$ при $N = 8191$	$T=0$ при $C=0$; $T=409,6$ при $C=1$
Числовий N	$N = 40,96$ (ціла частина)	$N=10T$ (ціла частина)	$N=N$	$N = -4096$ при $C=0$; $N=4096$ при $C=1$
Дискретний C	$C=1$ при $X \geq 0$ $C=0$ при $X < 0$	$C=1$ при будь-якому T	$C=1$ при $N > 0$; $C=0$ при $N < 0$	$C=C$
Масштабний коефіцієнт K_m	$K_m = X/12,5$	$K_m = T/51,2$	$K_m = N/512$	$K_m = -8$ при $C=0$; $K_m = 8$ при $C=1$

Коефіцієнт пропорційності K_p	$K_p = 0,64x$	$K_p = T/6,4$	$K_p = N/64$	$K_p = -64$ при $C=0$ $K_p = 64$ при $C=1$
Швидкість зміни V , %/с, %/хв, %/год	$V=X$ при $0 \leq X < 199,9$ $0 < X < 199,9$; $V=0$ при $X < 0$; $V = \infty$ при $X = 199,9$	$V=T/4,096$	При $0 < N < 8191$ $V=0$ при $N < 0$; $V = \infty$ при $N = 8191$	$V=0$ при $C=0$; $V=100$ при $C=1$
Тривалість імпульсу Тимп	Тимп=0,12х(40,96X+1) при $0 < X < 0,757$	Тимп=0,12х(10%+1) при $0 < T < 3,1$	Тимп=0,12х(N+1) при $0 < N < 31$	-

Як впливає з табл. 3.20 числові сигнали N на вході набувають лише цілих значень. При автопідстроюванні мінімальної тривалості імпульсу значення Тимп обмежується знизу величиною 0,12 с і зверху величиною 3,84 с. Крім того взаємна відповідність присутня не тільки між безперервними сигналами, а й між безперервними і дискретними сигналами. Так, якщо вхід підсилювача зв'язати з входом D логічного алгоритму, то при зміні D з нуля на одиницю сигнал на вході підсилювача X дискретно змінюється з -100 на 100%.

Приклад виконання фрагменту функціональної схеми показано на рис. 3.60.

Звичайно графічне зображення функціональної схеми доповнюється її табличним зображенням (табл. 3.21).

У табл. 3.21 наведено інформацію, яку зручно використовувати при її введенні в контролер за допомогою ПН при конфігуруванні. Згідно з правилами конфігурування конфігурація 00.00 означає, що на даному вході задається константа, а 00.01 - коефіцієнт. Усі інші позначення (наприклад 10.01) задає номер алгоблока - джерела (перше двозначна цифра) і номер його виходу (друга двозначна цифра). Для запобігання можливих помилок при конфігуруванні у такій таблиці найчастіше вказуються стани і невикористані входи.

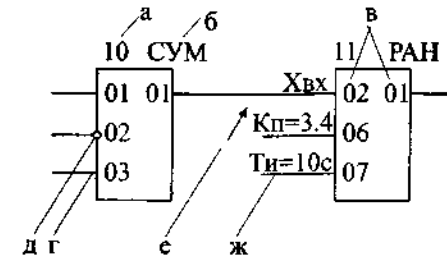


Рис. 3.60. Фрагмент функціональної схеми: а - номер алгоблока; б - позначення алгоритму та номер його коду з модифікатором; в - номер входу чи виходу алгоритму; г-сигнал, без інверсії, д - інвертований сигнал; е - коефіцієнт; ж - константа

Таблиця 3.21 Табличне зображення функціональної схеми

Номер алгоблока	Алгоритм «орт»			Конфігурація			Настройка
	код	m	МВ	Номер входу	Інв.	Конф.	
10	42	03	—	01	—	05.01	
				02	ІНВ.	07.02	
				03	—	20.05	
11	20	00	00	02		10.01	
				06		00.01	3,4
				07		00.00	10,0 с

Введення – виведення інформації забезпечується шляхом з'єднання відповідних кіл уводу-виводу блоків, як поміж собою, так і з зовнішніми пристроями. Призначення кіл уводу-виводу БК залежить від його модифікації і (усього 30) і не залежить від його моделі. Призначення кіл уводу-виводу інших блоків жорстко фіксовано. Більшість зовнішніх кіл підмикається до блоків за допомогою роз'ємів типів РП-15-9 на 9 чи РП 15-23 на 23 контакти. Однак ряд зовнішніх кіл підмикається під гвинт за допомогою клемних колодок, встановлених безпосередньо на блоках. До таких кіл належать кола термопар і термометрів опорів блоків БУТ і БУС, вихідні кола 220 В блоків БУМ, кола живлення та інтерфейсу блоків БП. При цьому використовуються клемно-блокові з'єднувачі типу КБС.

Блок контролера БК підмикається до зовнішніх кіл через три роз'єми, розміщені на заданій стінці шасі. Схему зовнішніх з'єднань БК зображено на рис.3.61.

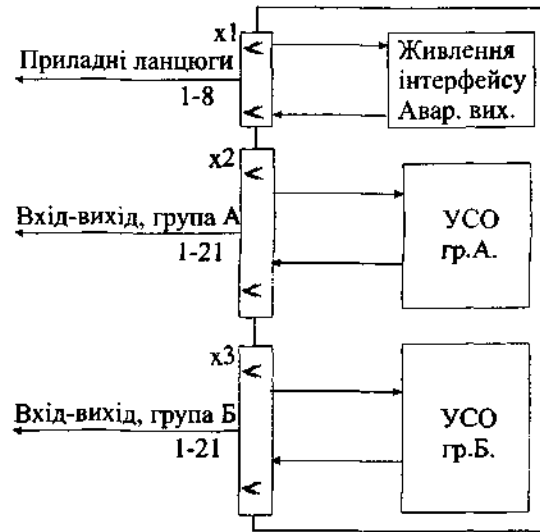


Рис. 3.61. Схема зовнішніх з'єднань блока БК: X1 – гніздо роз'єму РП15-9; X2, X3 - гніздо роз'єму РП 15-23

Як впливає з рис. 3.61. через верхній роз'єм X1, "ПРИБ" підмикаються приладні кола, до яких належать кола живлення аварійного виходу та інтерфейсу. З дев'яти контактів роз'єму використовуються лише вісім. При цьому схема підмікнення приладних кіл не залежить ні від моделі, ні від модифікатора БК.

Усі аналогові й дискретні кола УСО, підмікнені до БК, поділяються на дві групи А і Б. Обидва роз'єми УСО мають 23 контакти, з яких використовується лише 21. Склад модулів УСО визначає модифікацію БК, тому схема підмікнення зовнішніх кіл до роз'ємів УСО також залежить від модифікації БК. У табл. 3.22 наведено модифікації БК, а в табл. 3.23 - склад модулів УСО (всього 7), що визначають схему зовнішніх з'єднань для груп А і Б.

Згідно з табл. 3.22 кожна пара дискретних виходів може виконувати функції одного імпульсного виходу з колами "більше-менше". Двозначний код модифікації БК утворюється з'єднанням двох однозначних номерів, що характеризують тип входу-виходу для груп А і Б, при цьому перша цифра коду модифікації визначається типом входу-виходу групи А, а друга - групи Б.

Схему зовнішніх з'єднань приладного кола (роз'єму X1) блока БК з блоком БП зображено на рис. 3.62.

Таблиця 3.22. Модифікації блока контролера БК

Номенклатура	Модифікація	Число входів - виходів				
		Аналогові входи	Аналогові виходи	Дискретні входи	Дискретні виходи	
Аналогові входи - виходи	10	8	2	-	-	
	11	6	4	-	-	
Аналогові й дискретні входи - виходи	12	16	2	-	4	
	13	8	2	-	16	
	14	8	2	4	12	
	15	8	2	8	8	
	16	8	2	12	4	
	17	8	2	16	-	
Аналогові входи і дискретні виходи - входи	20	8	-	-	4	
	22	16	-	-	8	
	23	8	-	-	20	
	24	8	-	4	16	
	25	8	-	8	12	
	26	8	-	12	8	
	27	8	-	16	4	
	Дискретні входи виходи	30	-	-	-	16
		33	-	-	-	32
		40	-	-	4	12
43		-	-	4	28	
50		-	-	8	8	
53		-	-	8	24	
60		-	-	12	4	
63		-	-	12	20	
70		-	-	16	-	
73		-	-	16	16	
74	-	-	20	12		
75	-	-	24	4		
76	-	-	28	4		
77	-	-	32	-		

Контакти 1-2 (рис. 3.62) роз'єму X1 утворюють зв'язок передавача інтерфейсу БК з приймачем абонента, контакти 3-4 - приймача інтерфейсу БК з передавачем абонента. Контакти 5, 6 і 8 утворюють два аварійних виходи, виконані у вигляді транзисторного ключа.

У нормальному стані НЗ (при відсутності відказу і вимкненому інтерфейсі) транзисторні ключі замкнені. В разі наявності відказу чи команди відмікнення інтерфейсу відповідний ключ розмикається. Контакти 7-8

утворюють зв'язок блоків по колах живлення. Вузол комутації інтерфейсу блока БП утворюють зв'язок роз'єму Х1 і колодки Х3, а вмонтовані реле із "сухими" перекидними контактами, що сигналізують про відказ БК, - зв'язок роз'єму Х1 і колодки Х4. Перетворювач змінної напруги 220 В у напругу 24 В постійного струму блока БП живить не лише блок БК, а й передавач інтерфейсу чи зовнішні пристрої.

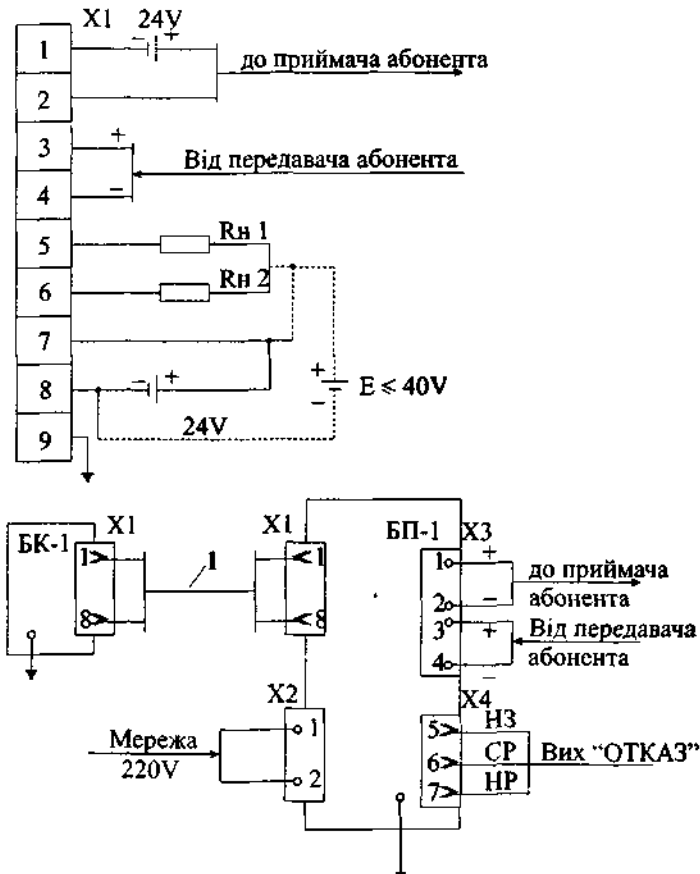


Рис.3.62. Схема зовнішніх з'єднань блоків БК і БП: І - міжблоковий з'єднувач МБС; НЗ - коло замкнене (контакт) при відсутності відмови і розімкнене при наявності відмови чи відсутності напруги живлення; НР - стан контакту інверсний відносно НЗ; СР - середня клемма кола контактів; Х1, Х4 - роз'єми блоків; Х2, Х3 - клемні колодки.

Таблиця 3.23. Склад модулів УСО

Найменування модулів УСО	Тип входу-виходу	Число сигналів			
		Аналоговий вхід	Аналоговий вихід	Дискретний вхід	Дискретний вихід
МАС - модуль аналогових сигналів	1	8	2	-	-
МДА - модуль аналого-дискретних сигналів	2	8	-	-	4
МСД 0/16	модуль дискретних сигналів	3	-	-	16
МСД 4/12		4	-	4	12
МСД 8/8		5	-	8	8
МСД 12/4		6	-	12	4
МСД 16/0		7	-	16	-

Схему зовнішніх з'єднань 1-го типу (див. табл. 3.23) кіл входу-виходу блока БК показано на рис. 3.63.

Як випливає з рис. 3.63 кожний аналоговий вхід роз'єму Х2 чи Х3 підключається до відповідного входу АЦП (контакти 1-6). Для перетворення струмових сигналів 0...5, 0(4)...20 мА чи сигналу напруги 0...10 В від датчиків у сигнал 0...2 В використовуються нормуючі резистори Rн, що підключаються до промклемника, чи клемно-блокового з'єднувача КБС-3. Схеми підключення аналогових датчиків показано на рис. 3.64.

Діапазон двох аналогових виходів (рис. 3.64) 0...5 мА чи 0(4)...20 мА вибирається за допомогою перемичок під пайку, розміщених у модулі УСО. Вибір діапазону аналогових входів і виходів для БК програмується за допомогою алгоритмів аналогового вводу і виводу. Аналогові виходи є пасивними, тому для їх живлення потрібне зовнішнє нестабілізоване джерело 24 В постійного струму.

Схему зовнішніх з'єднань 2-го типу (див. табл. 3.23) аналого-дискретних кіл входу-виходу блока БК показано на рис. 3.65.

Організація аналогових входів така сама, як і для кіл типу І. Дискретні виходи виконано у вигляді транзисторного ключа, при цьому логічному "0" відповідає розімкнений, а логічний "1" - замкнений стан ключа. Для живлення транзисторних ключів потрібне зовнішнє джерело напруги постійного струму. Кожна пара дискретних виходів, що мають загальну точку, може відігравати роль одного імпульсного виходу.

Схеми зовнішніх з'єднань дискретних кіл входу-виходу типів 3-7 мають однакову кількість 16, але відрізняються співвідношенням числа

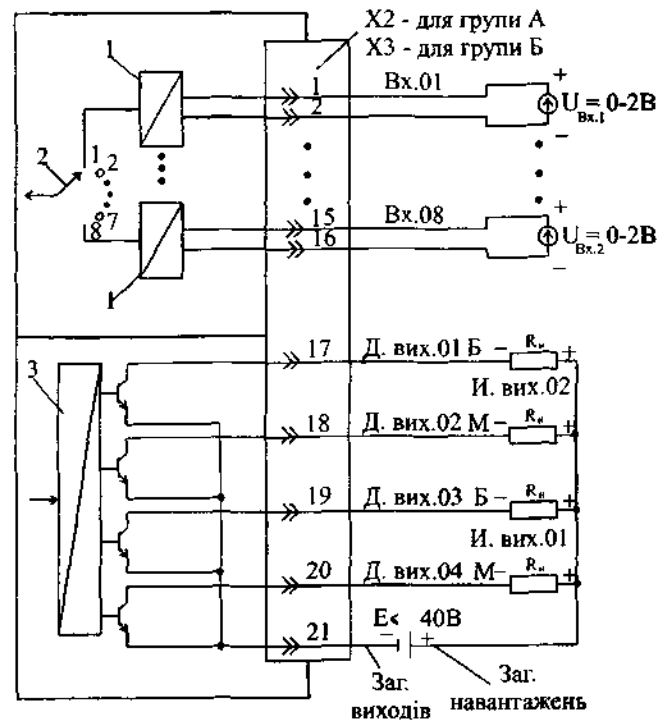


Рис. 3.65. Схема зовнішніх з'єднань аналого-дискретних кіл входу-виходу, тип 2; 1 - АЦП з гальванічним розв'язуванням; 2 - комутатор; 3 - ЦДП з гальванічним розв'язуванням; Двих - дискретні виходи; Ивих - імпульсні виходи; М - коло "менше"; Б - коло "більше".

Блоки підсилювачів для термопар БУТ і термометрів БУС мають два незалежних канали підсилення. На рис. 3.71 зображено схему зовнішніх з'єднань блока БУТ.

Термометри ТП підмикаються до клем 2-3 і 5-6. Термометри R, розміщені в зоні клемної колодки, забезпечують автоматичну компенсацію вільних кінців термопар. Джерела напруги низького рівня (U_{vx1} і U_{vx2}) підмикаються до клем 1-3 і 4-6 в обхід схеми компенсації. Схему зовнішніх з'єднань блока БУС зображено на рис. 3.72.

Як впливає з рис. 3.72, термометри опору ТС підмикаються до колодки X2 за трипровідною схемою. Внутрішні джерела струму $I_{tc} = 2$ мА забезпечують живлення ТС стабілізованим струмом.

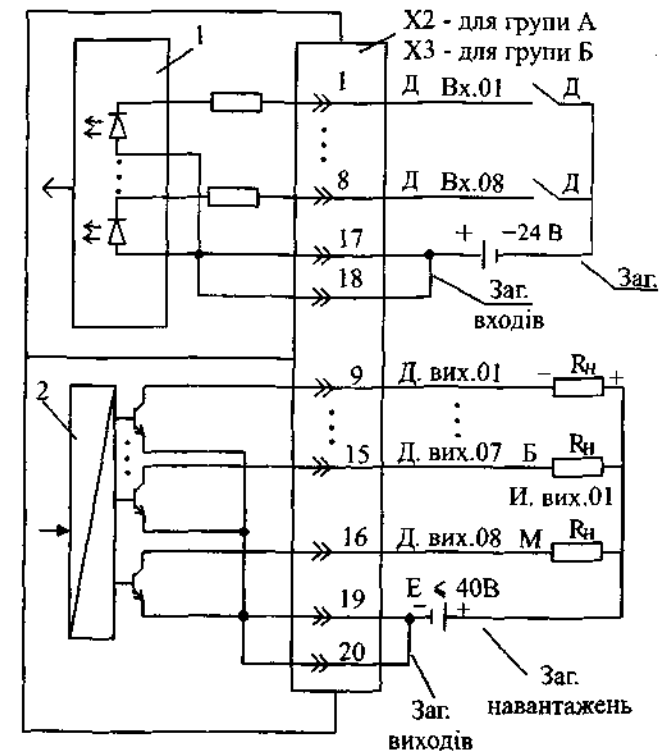
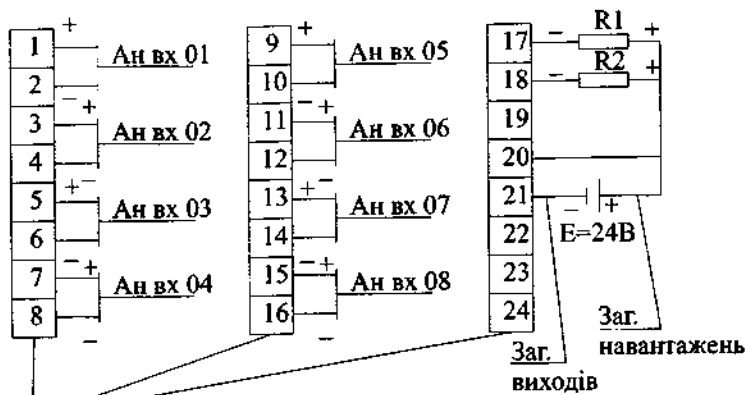


Рис. 3.66. Схема зовнішніх з'єднань дискретних кіл входу-виходу, тип 5; 1 - ДЦП з гальванічним розв'язуванням; 2 - ЦДП з гальванічним розв'язуванням; Д - датчик ("сухий" контакт); Двих - дискретний вхід; Двих - дискретний вихід; Ивих - імпульсний вихід; М - коло "менше"; Б - коло "більше".

Блок підсилювачів потужності БУМ, схему якого показано на рис. 3.73, має чотири реле РІ-Р4 з нормально розімкненими контактами. Вихідні кола підмикаються через клемну колодку X2, які попарно зв'язані та гальванічно ізолювані від інших кіл.

Вхідні кола, що підмикаються за допомогою роз'єму XI, мають загальну точку, яка через джерело 24 В приєднується до загальної точки джерел сигналів. Дія вхідних сигналів залежить від сигналів на вході "заборона". Коли цей сигнал відсутній, реле РІ-Р4 можуть спрацювати, а при наявності сигналу "заборона" - спрацювання всіх реле блокується. Окрім індивідуальних входів блок БУМ має також груповий вхід. Сигнал

на цьому вході приводить до одночасного спрацювання всіх реле незалежно від наявності сигналів на окремих входах.

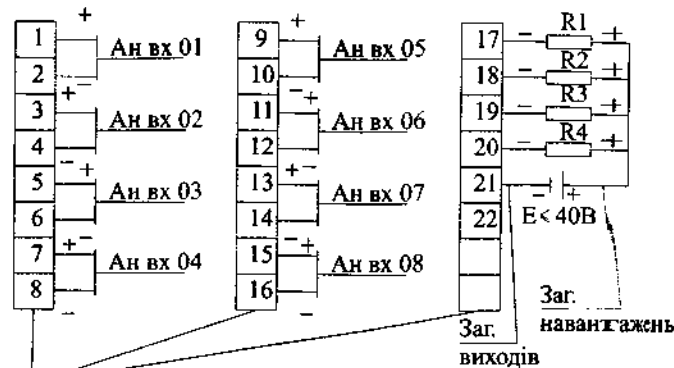


Роз'єм X2 чи X3 для груп А чи Б; чи КБС-3; R1 і R2 - аналогові навантаження

№		Входи - виходи типу 1 (8 анал. вх. і 2 анал. вих.)		№		Входи - виходи типу 1 (8 анал. вх. і 2 анал. вих.)	
1	+	Анал вх. 01		13	+	Анал вх. 07	
2	-			14	-		
3	+	Анал вх. 02		15	+	Анал вх. 08	
4	-			16	-		
5	+	Анал вх. 03		17		Анал вих. 01	
6	-			18		Анал вих. 02	
7	+	Анал вх. 04		19		Вільний	
8	-			20		Загальних навантажень	
9	+	Анал вх. 05		21		Загальних виходів	
10	-			22		Вільні	
11	+	Анал вх. 06		23			
12	-			24			

Рис. 3.67. Схема зовнішніх з'єднань для аналогових входів-виходів БК, тип 1

Блок перемикання БПР побудований аналогічно, але на вході має роз'єм РП15-9 на дев'ять контактів (вісім входів), а на виході - роз'єм РП15-23 на 23 контакти (вісім виходів).



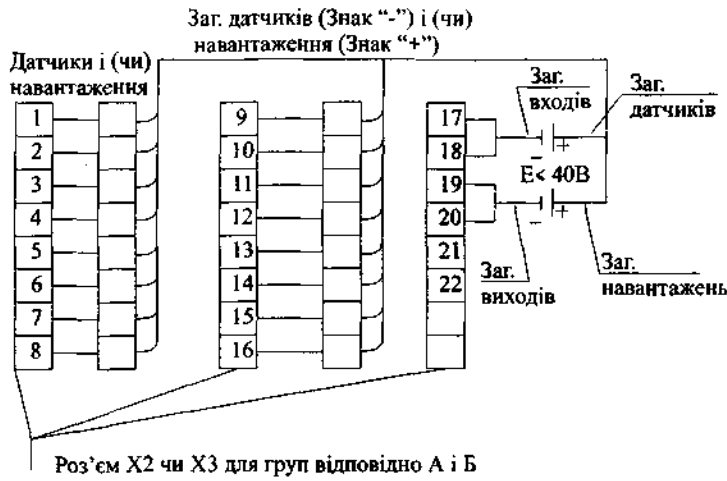
Роз'єм X2 чи X3 для груп А чи Б; чи КБС-3; R1- R4 - дискр. навантаження

№		Входи - виходи типу 2 (8 анал. вх. і 4 дискр. вих.)		№		Входи - виходи типу 2 (8 анал. вх. і 4 дискр. вих.)	
1	+	Анал вх. 01		13	+	Анал вх. 07	
2	-			14	-		
3	+	Анал вх. 02		15	+	Анал вх. 08	
4	-			16	-		
5	+	Анал вх. 03		17		Дискретний вих. 01	Б И 2
6	-			18		Дискретний вих. 02	
7	+	Анал вх. 04		19		Дискретний вих. 03	Б И 1
8	-			20		Дискретний вих. 04	
9	+	Анал вх. 05		21		Заг. дискр. вих.	
10	-			22		Вільні	
11	+	Анал вх. 06		23			
12	-			24			

Рис.3.68. Схема зовнішніх з'єднань для аналогових входів-виходів БК, тип 2.

На рис. 3.74 як приклад показано схему зовнішніх з'єднань, що реалізує за допомогою блоків Р-І30 (БК-І, БУТ-І0, БУМ-І0 і двох БП-І) фрагмент функціональної схеми автоматизації технологічного процесу.

Згідно з умовною функціональною схемою (рис. 3.74), вона реалізує чотири АСР (наприклад, двох температур, рівня і тиску), а також забезпечує сигналізацію і блокування при відхиленні технологічних параметрів від регламентованих значень.



№	Тип входів - виходів				
	3 (16 вих)	4 (4вих, 12вих)	5 (8вих, 8вих)	6 (12вих, 4вих)	7 (16 вх)
1	вих 01	вх 01	вх 01	вх 01	вх 01
2	вих 02	вх 02	вх 02	вх 02	вх 02
3	вих 03	вх 03	вх 03	вх 03	вх 03
4	вих 04	вх 04	вх 04	вх 04	вх 04
5	вих 05	вх 01	вх 05	вх 05	вх 05
6	вих 06	вх 02	вх 06	вх 06	вх 06
7	вих 07	вх 03	вх 07	вх 07	вх 07
8	вих 08	вх 04	вх 08	вх 08	вх 08
9	вих 09	Б И 4	вих 01	Б И 4	вих 01
10	вих 10	М И 4	вих 02	М И 4	вих 02
11	вих 11	Б И 3	вих 03	Б И 3	вих 03
12	вих 12	М И 3	вих 04	М И 3	вих 04
13	вих 13	Б И 2	вих 05	Б И 2	вих 01
14	вих 14	М И 2	вих 06	М И 2	вих 02
15	вих 15	Б И 1	вих 07	Б И 1	вих 03
16	вих 16	М И 1	вих 08	М И 1	вих 04
17	Заг. входи (кола 17; 18 з'єднані)				
18	Заг. входи (кола 17; 18 з'єднані)				
19	Заг. виходи (кола 19; 20 з'єднані)				
20	Заг. виходи (кола 19; 20 з'єднані)				
21-24	Вільні				

Рис.3.69. Схема зовнішніх з'єднань для аналогових входів - виходів БК; тип 3-7.

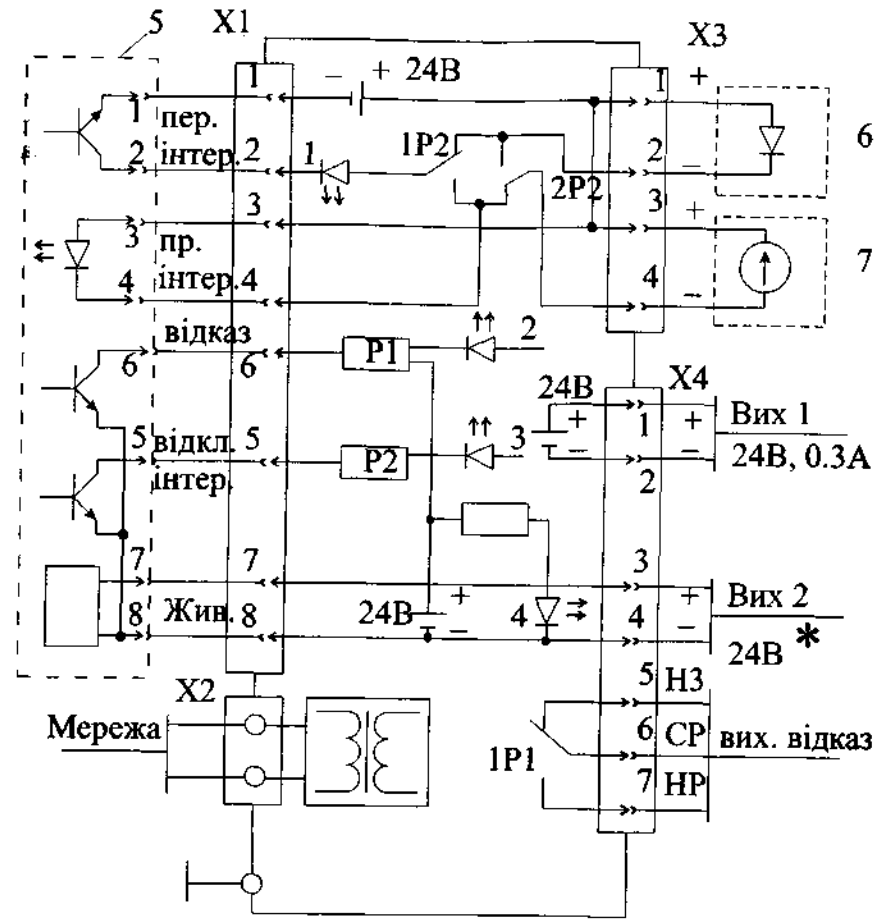


Рис. 3.70. Схема зовнішніх з'єднань блока живлення БП:
 1-4 - світлодіоди (1 - передача; 2 - відказ; 3 - відімкнення інтерфейсу; 4 - живлення 24 В); 5 - приладні кола БК; 6 - приймання абонента; 7 передавач абонента (*-при підімкненні БК струм I<40мА, при відсутності БК струм I<0,3А)

Реалізація функціональної схеми здійснюється на основі блока БК-1 модифікації 15, що передбачає вхід-вихід груп А типу І і вхід-вихід груп Б типу 5. У схемі (рис. 3.74) задіяно: чотири аналогових вхідних сигнали, із

них дві термопари (1 і 2), один струмовий сигнал від датчика (3) 4... 20 мА і один сигнал від датчика тиску (4) напругою 0...10 В; два аналогових вихідних сигнали 0...5 мА, що надходять на перетворювачі типу ЕПП (5 і 6) і чотири дискретних вхідних сигнали у вигляді "сухих" контактів (7-10), що вмонтовані у вторинні прилади; два дискретних виходи 24 В на навантаження 11 і 12; два дискретних виходи 220 В на навантаження 13 і 14; два імпульсних виходи, навантаження яких мають умонтовані джерела живлення 15 і 16.

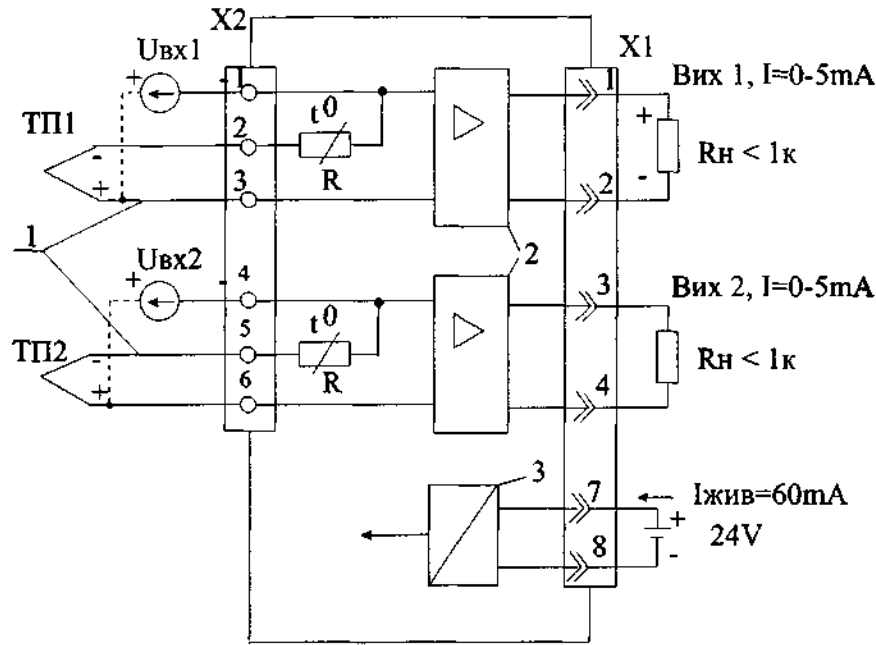


Рис. 3.71. Схема зовнішніх з'єднань блока БУТ: 1 - компенсаційний провід; 2 - підсилювачі; 3 - стабілізатор з гальванічним розв'язанням; ТП - термопари; R_n - навантаження; X2 - клемна колодка під гвинт М4; X1 - гніздо роз'єму РП15-9.

Для підсилення сигналів термопар використовується підсилювач БУТ-10, а для формування дискретного виходу 220 В - підсилювач БУМ-10. Контролер зв'язаний інтерфейсом з передавачем 17 і приймачем 18 абонента. Живлення контролера здійснюється через лівий блок БП від мережі змінної напруги 220 В.

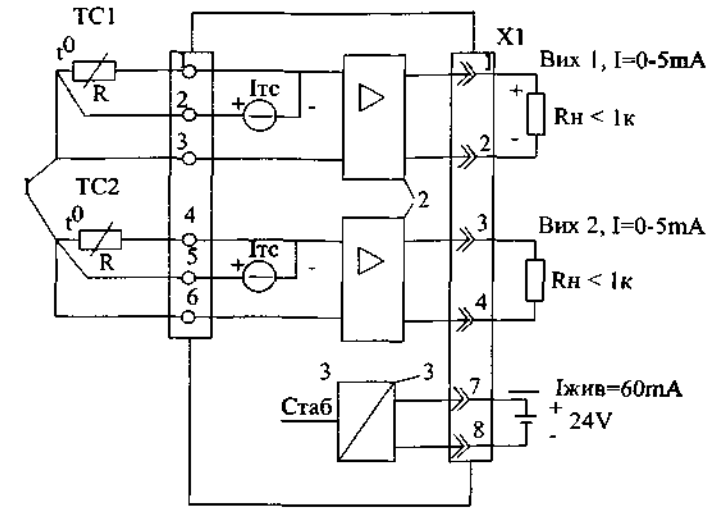


Рис. 3.72. Схема зовнішніх з'єднань блока БУС: 1 - трипровідне коло ТС; 2 - підсилювачі; 3 - стабілізатор; ТС - термометри опору; $I_{тс} = 2$ мА струм живлення; R_n - навантаження; X2 - клемна колодка під гвинт М4; X1 - гніздо роз'єму РП15-9

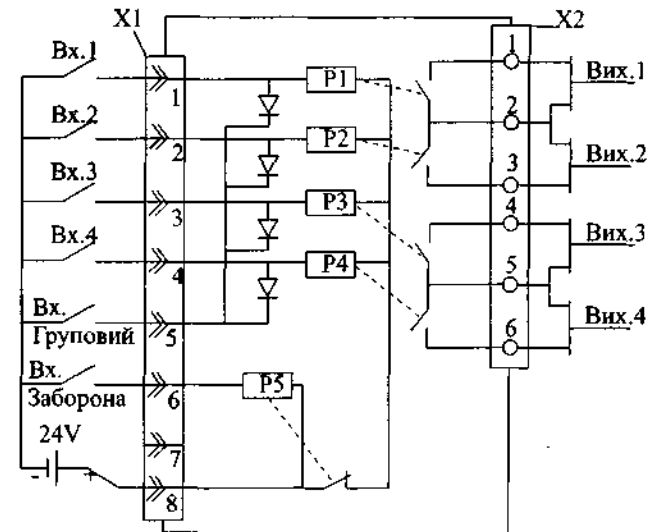


Рис. 3.73. Схема зовнішніх з'єднань блока БУМ:

1 - індикація заборони; 2 - підімкнення загальної точки із заборною; X1 - гніздо роз'єму РП15-9; X3 - клемна колодка під гвинт М4; P1...P4 - реле РПГ8; P5 - реле РЭС55А.

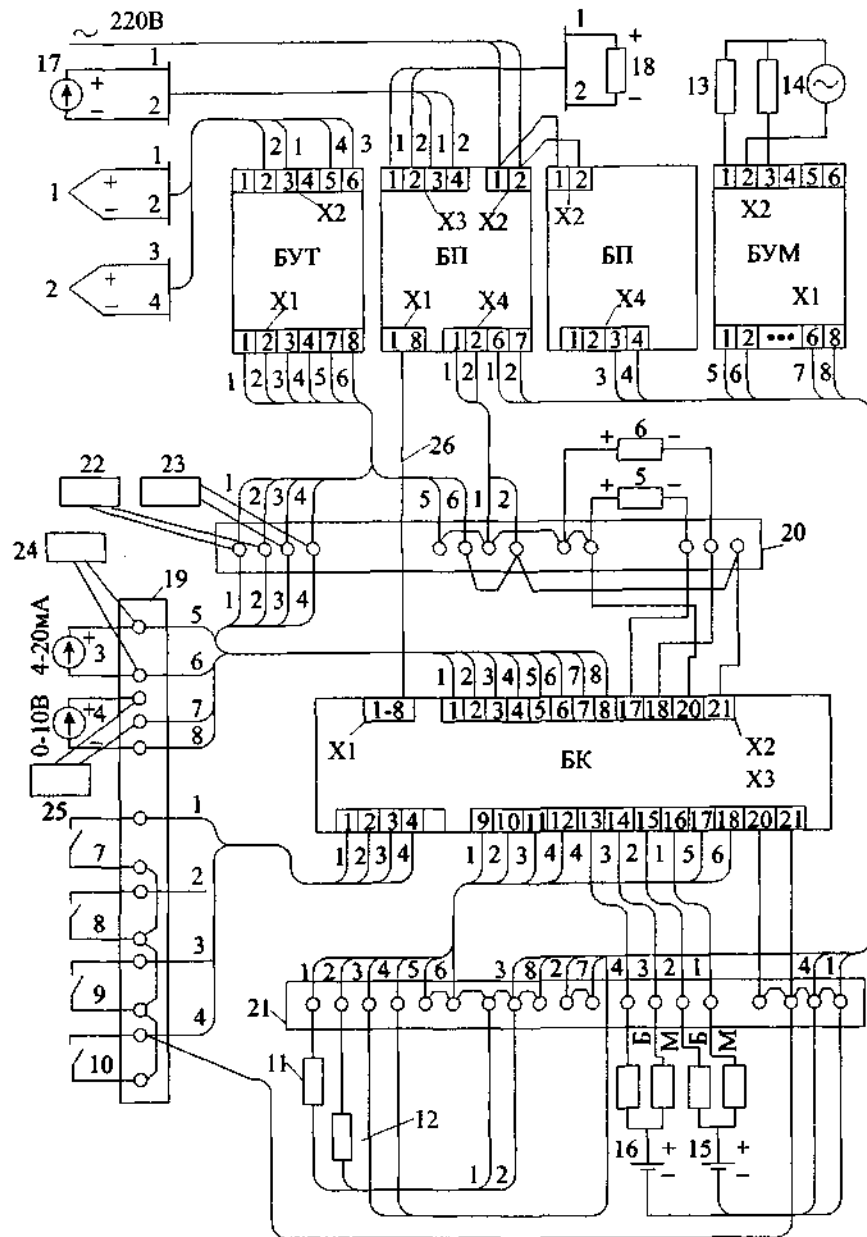


Рис. 3.74. Схема зовнішніх з'єднань блоків Р-130 з датчиками і виконавчими механізмами

Розподіл вхідних і вихідних сигналів по входах – виходах БК подано в табл.3.24.

Таблиця 3.24 Розподіл сигналів блока БК для груп А і Б

Сигнали	Група, тип	Входи-виходи	Підсилювачі
Аналогові входи:			
термопара (1)		01	БУТ-10
термопара (2)		02	БУТ-10
струмовий сигнал 4...20 мА (3)		03	
сигнал навантаження 0...10 В (4)		04	
Аналогові виходи:			
вихід 0...5 мА (5)		01	
вихід 0...5 мА (6)		02	
Дискретні входи:			
контакт (7)	Б,5	01	
контакт (8)		02	
контакт (9)		03	
контакт (10)		04	
Дискретні виходи:			
вихід 24 В (II)		01	
вихід 24 В (I2)		02	
вихід 240 В (I3)		03	БУМ-10
вихід 240 В (I4)		04	БУМ-10
Імпульсні виходи:			
вихід "М-Б" (I5)		01	
вихід "М-Б" (I6)		02	

Для підімкнення зовнішніх кіл і міжблокової комутації використовуються промклемники 19-21. Термопари 1 і 2 підімкнені безпосередньо до клемної колодки X1 підсилювача БУТ-10. Виходи підсилювача надходять на аналоговий вхід БК (роз'єм X2, група А). Оскільки на виході підсилювача сигнал має діапазон 0...5 мА, паралельно кожному з виходів на промклемнику 20 встановлено резистори 22 і 23 типу РН-І, що перетворюють сигнал 0...5 мА в напругу 0...2 В. Для такого самого перетворювання паралельно джерелу струму 3 (датчик рівня) на промклемнику 19 встановлюється резистор 1, а джерелу 4 (датчик тиску) - послідовно резистор 2. Два аналогових навантаження 5 і 6 (ЭП) через промклемник підімкнені до аналогових виходів БК (роз'єм X2). Аналогові виходи живляться

джерелом напруги 24 В, що сформована на виході 1 лівого блока БП. Настройка аналогових виходів на сигнал 0...5 мА здійснюється за допомогою перемичок на платі модуля УСО.

Через промклемник 19 до дискретних виходів БК підімкнено чотири дискретних вхідних сигнали у вигляді контактів 7-10 вторинних приладів, що вимірюють технологічні параметри (роз'єм Х3). Дискретні входи живляться напругою 24 В, що сформована на виході 2 правого блока БП. Два дискретних навантаження 11 і 12 на 24 В (сигнальні лампочки чи реле) через промклемник 21 підімкнені до дискретних виходів контролера (роз'єм Х3). Живлення цих навантажень здійснюється також правим блоком БП (вих.2). До дискретних виходів БК через промклемник 21 підімкнені також два дискретних входи підсилювача БУМ. Ці виходи БК живляться правим блоком БП (вих.2). Два дискретних навантаження 13 і 14 на 220 В (електромагнітні клапани блокування) підімкнені безпосередньо до клемної колодки Х2 блока БУМ. У блоці БУМ задіяне коло заборони. Це коло активізується в разі формування лівим за схемою блоком БП сигналу відказу (роз'єм Х4). Коло заборони живиться так само, як і дискретні входи-виходи БК.

Два навантаження 15 і 16 через промклемник 21 підімкнені до дискретних виходів, які програмно (за допомогою алгоритму імпульсного виводу) настроєні на функції імпульсних виходів. При цьому навантаження 15 підімкнене до імпульсного виходу 01, а навантаження 16 - до імпульсного виходу 02. Як впливає зі схеми, імпульсні навантаження активні, тобто мають вмонтовані джерела живлення.

Таким чином, у блоці БК розглянутої схеми з восьми аналогових входів використовується лише 4, а з восьми дискретних - також 4. Дискретні виходи використовуються повністю, з чотирьох каналів блока БУМ - тільки два канали.

Приклади побудови автоматичних систем регулювання, що розглянуті нижче, виконані за допомогою алгоритмів регулювальної моделі Р-130. У кожному контролері можна реалізувати до чотирьох незалежних чи взаємозв'язаних АСР.

АСР стабілізації технологічного параметра, схему якої показано на рис. 3.75, реалізована на базі алгоритму РАН.

Як впливає з рис. 3.75, сигнал завдання ХзДн, що формується в режимі РЗ алгоритмом ЗДН, надходить на вхід алгоритму РАН. На другий вхід цього алгоритму надходить сигнал Хвх від датчика, що попередньо перетворений калібруванням і масштабуванням алгоритмом вводу ВАА. Вихідний сигнал Y алгоритму РАН через алгоритм РУЧ у режимі "АВТ", що встановлюється за допомогою клавіші ПЛ блока БК, і алгоритм виводу АВА надходять на аналоговий вихід контролера. За допомогою алгоритму ОКО забезпечується оперативне управління. Функції, що виконуються

при оперативному управлінні, задаються конфігуруванням входів алгоритму ОКО. Сигнал, що надходить на вхід 01 цього алгоритму, завжди виводиться на верхній цифровий індикатор "задание" ПЛ блока БК незалежно від того, до виходу якого алгоблока підімкнений вхід 01 алгоритму ОКО. Однак, якщо сигнал, завдання необхідно не лише контролювати, а й змінювати вручну, вхід 01 алгоритму ОКО повинен бути обов'язково підімкнений до виходу 01 алгоритму ЗДН.

На нижньому цифровому індикаторі вибіркового контролю в положенні "вх." "ε", "вых" можуть індицируватися сигнали відповідно датчика, розузгодження і виходу регулятора, що надходять на входи 02, 05 і 07 алгоритму ОКО. Сигнал виходу регулятора "ВР" надходить не тільки на нижній цифровий індикатор у положенні "вых", а й на шкальний індикатор.

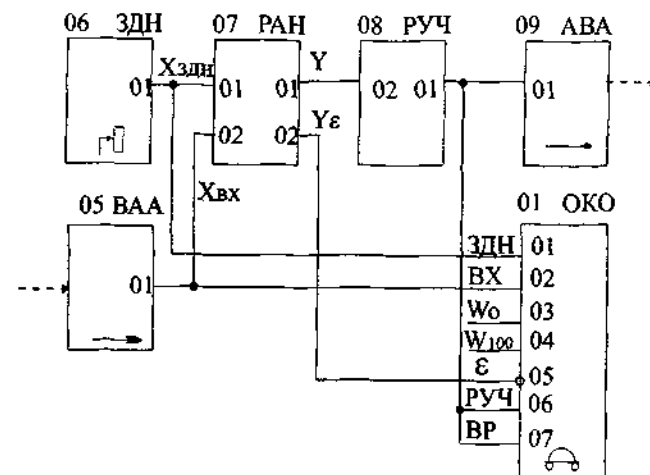


Рис.3.75. Схема АСР стабілізації технологічного параметра на базі алгоритму РАН

При цьому за шкальним індикатором контролюється вихідний сигнал регулятора Y незалежно від того, який сигнал у даний момент виводиться на нижній цифровий індикатор. Крім того, вхід 06 алгоритму ОКО обов'язково має бути підімкнений до виходу 01 алгоритму РУЧ, що дає змогу змінювати режим керування і управляти виконавчим механізмом за допомогою клавіш ПЛ блока БК.

На двох настроюваних входах 03 і 04 алгоритму ОКО задаються константи W_0 і W_{100} , що визначають технічні одиниці, в яких контролюються сигнали завдання, входу і розузгодження. При цьому значення констант визначаються згідно з рівнянням (3.1).

Вихідний сигнал як за цифровим, так і за шкальним індикатором завжди контролюється в процентах незалежно від одиниць завдання значень W_0 і W_{100} . Знаку сигналу розузгодження $Y_\epsilon = Y_{здн} - Y_{вх}$ прийнято приписувати протилежний зміст. Тому сигнал на вході 05 алгоритму ОКО інвертується.

АСР стабілізації технологічного параметра, схему якої зображено на рис. 3.76, реалізована за допомогою алгоритму РИМ.

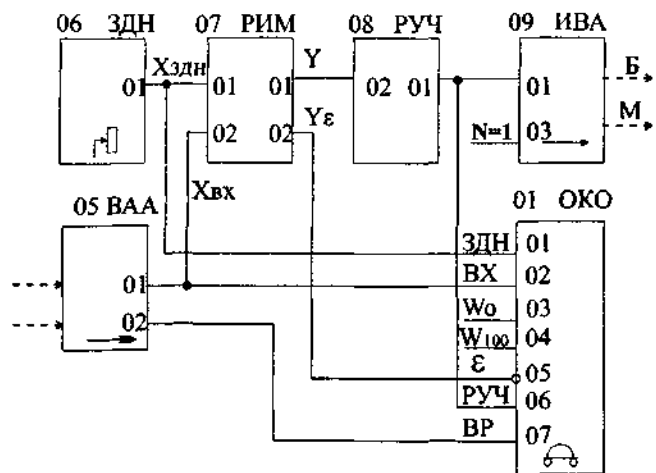


Рис. 3.76. Схема АСР стабілізації технологічного параметра на базі алгоритму РИМ.

Із порівняння схем, показаних на рис. 3.75 та 3.76, випливає, що вони різняться лише алгоритмами виводу інформації. При цьому алгоритм ИВА перетворює аналоговий сигнал, що сформований алгоритмом РИМ, у послідовність імпульсів, які управляють виконавчим механізмом постійної швидкості. За допомогою алгоритму ИВА додатково встановлюється мінімальна тривалість імпульсу $T_{\text{імп}}$ і номер контуру, до якого віднесений цей канал алгоритму ИВА. Зазначення номера контуру забезпечує включення в роботу індикаторів "▽" і "△" на ПЛ при виклику даного контуру. Ще одна особливість цієї АСР пов'язана з контролем виходу алгоритму РИМ, а саме для контролю положення виконавчого механізму датчик його положення підмикається до одного з вільних входів контролера, з яким і з'єднується вхід 07 алгоритму ОКО.

Для реалізації схем АСР на базі алгоритму РАН у алгоритмі ОКО встановлюється $m=00$ (аналоговий регулятор), а на базі алгоритму РИМ –

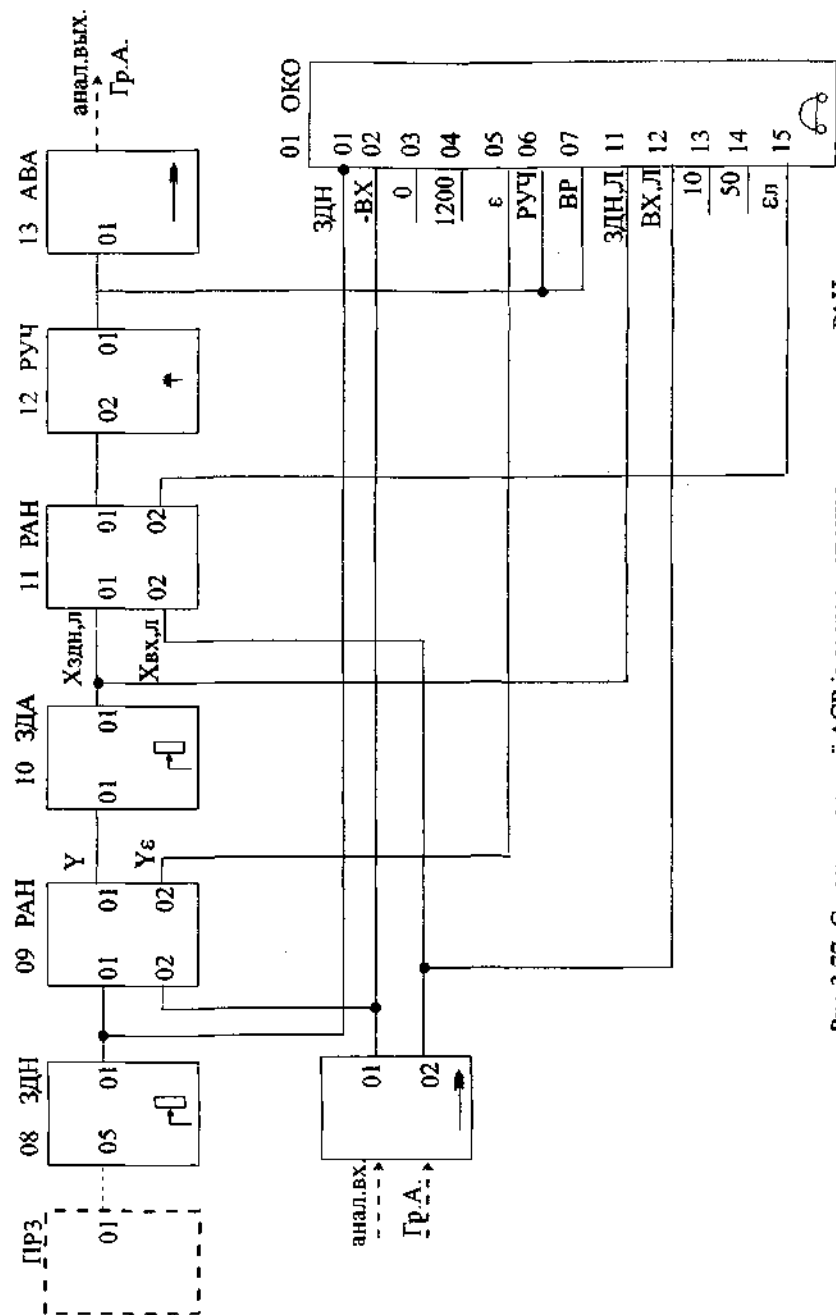


Рис.3.77. Схема каскадної АСР із застосуванням алгоритму РАН.

$m=04$ (імпульсний регулятор). У алгоритмі ЗДН значення $m=00$, що забезпечує блокування переходу на інші режими задавання і керування.

Каскадну АСР можна побудувати за допомогою алгоритмів РАН і РИМ, а також тільки на базі алгоритмів РАН. На рис. 3.77 і 3.78 зображено схеми каскадних АСР для цих двох варіантів.

На відміну від АСР стабілізації в каскадних АСР в алгоритмі ОКО задається інший модифікатор (наприклад, 08 і 12). Крім того, задіяні його входи І2-І5. Сигнали другої групи входів виходять на цифрові індикатори ПЛ контролера в каскадному режимі роботи, а сигнали першої групи входів - у локальному режимі.

При переході в режим ЛУ ведучий регулятор (алгоблок 09) безударно відмикається, а завдання веденому регулятору (алгоблок 11) встановлюється вручну за допомогою алгоритму ЗДЛ. У режим КУ повертаються також безударно. Для того щоб зазначені перемикання могли виконуватися, вхід 11 алгоритму ОКО має бути безпосередньо (без проміжних алгоблоків) підімкнений до виходу 01 алгоритму ЗДЛ.

Між алгоритмами ЗДН, РАН, ЗДЛ, РИМ, РУЧ при необхідності можуть бути ввімкнені інші алгоритми. У каскадній АСР також задаються одиниці W , у яких контролюються сигнали, при цьому ці одиниці можуть бути різними для ведучого і веденого регуляторів. Для прикладу на рис. 3.77 задано технічні одиниці для ведучого регулятора 0°C (0%) і 1200°C (100%), а для веденого регулятора - 10 кгс/см^2 (0%) і 50 кгс/см^2 (100%).

У деяких випадках необхідна зміна напрямку вихідного сигналу регулятора. Тоді на вході алгоритмів РАН чи РИМ інвертуються сигнали, а на вході 06 сигналу ОКО інверсії сигналу не виконують.

АСР співвідношення технологічних параметрів найчастіше реалізується за схемою, зображеною на рис. 3.79.

Потрібне співвідношення встановлюється на вході 03 алгоритму РАН чи РИМ зміною коефіцієнта настроювання K . При цьому вхід 01 алгоритму ОКО підімкнений до сигналу, який в алгоритмі РАН (РИМ) виконує функцію завдання $X_{здн}$, а другий вхід 02 - сигналу поточного значення параметра $X_{вх}$.

Програмні АСР реалізуються із застосуванням програмних задавачів ПРЗ, при цьому в одній АСР можна реалізувати кілька програм, кожна з яких будується на своєму алгоритмі ПРЗ. На рис. 3.80 зображено схему програмної АСР з двома програмами.

Згідно зі схемою всі алгоритми ПРЗ підімкнені безпосередньо (без проміжних алгоблоків) до входів алгоритму ЗДН. Це забезпечує можливість вибору номера потрібної програми за допомогою клавіш ПЛ контролера, а також пуску, зупинки, скидання програми і примусового переходу до наступної ділянки програми.

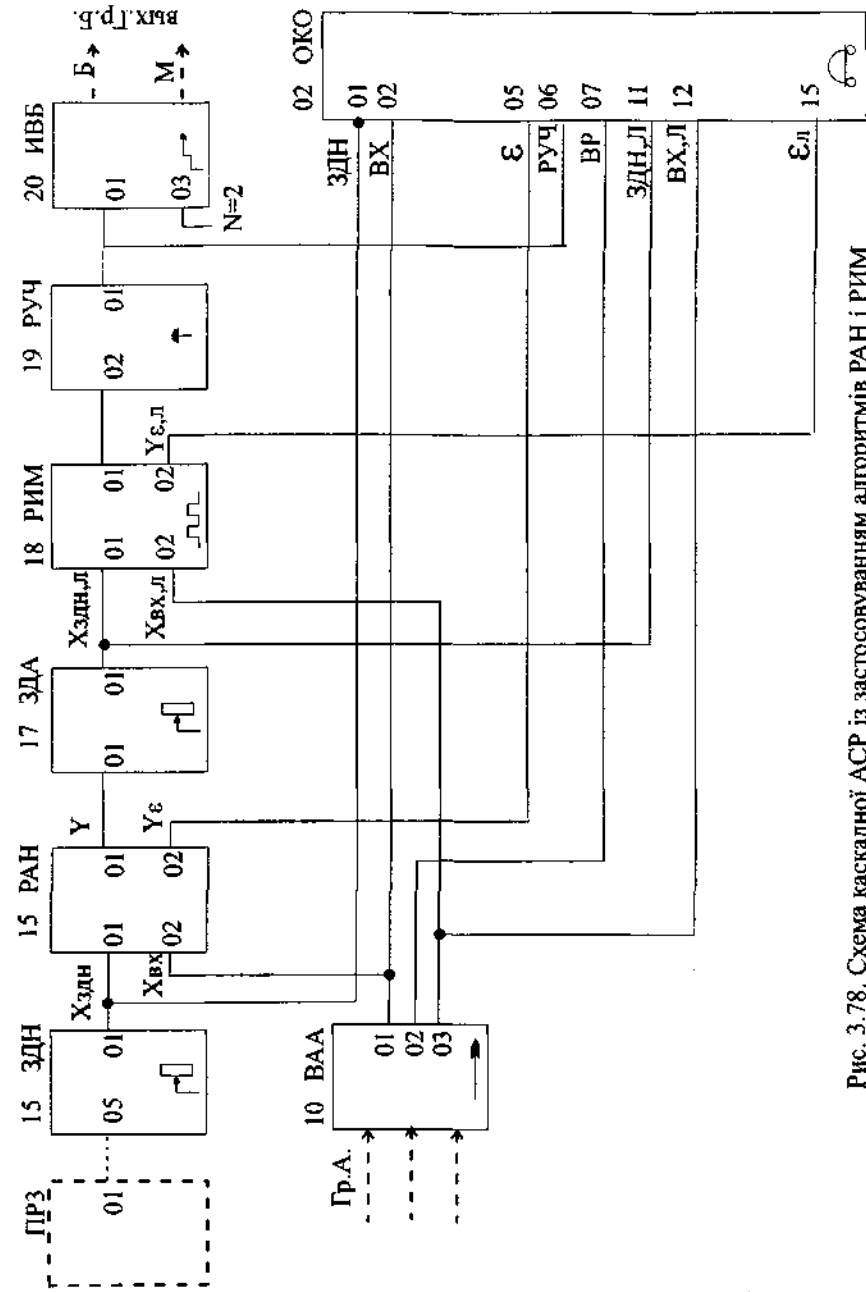


Рис. 3.78. Схема каскадної АСР із застосуванням алгоритмів РАН і РИМ.

За цифровими індикаторами можна контролювати поточний сигнал $Y_{здн}$, номер поточної ділянки програми та час, що залишається до закінчення поточної ділянки програми. Усі команди по керуванню програмою діють одночасно на всі алгоритми ПРЗ даного контуру, а контроль здійснюється вибірково для однієї вибраної програми. Вмикання ПРЗ за такою схемою (рис. 3.80) передбачає виконання одного циклу програми. В результаті цього після закінчення циклу програма зупиняється, а сигнал $Y_{здн}$ заморожується.

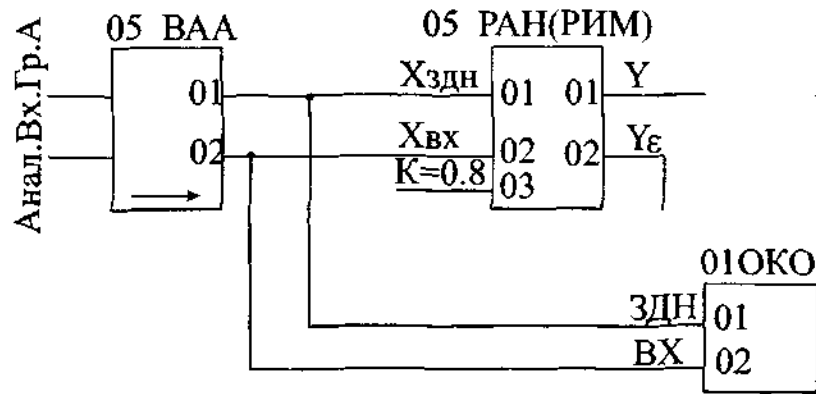


Рис.3.79. Вхідна частина АСР співвідношення.

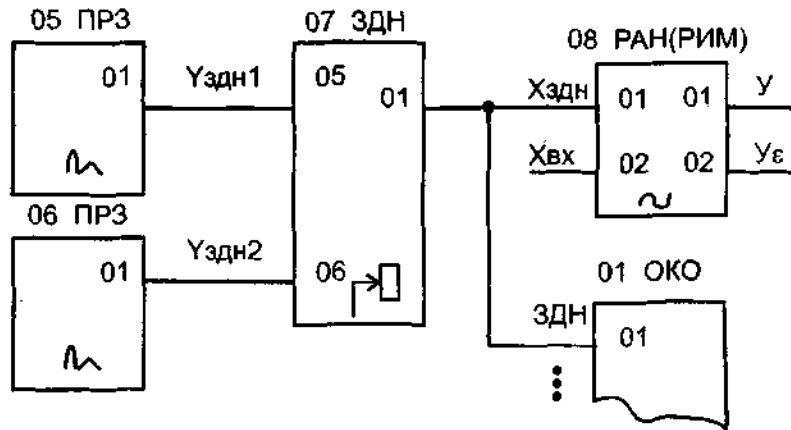


Рис. 3.80. Вхідна частина програмної АСР з двома програмами

Потрібне число повторень виконання програми забезпечується конфігуруванням алгоритмів ПРЗ і ОКО згідно із схемою, що зображена на рис. 3.81.

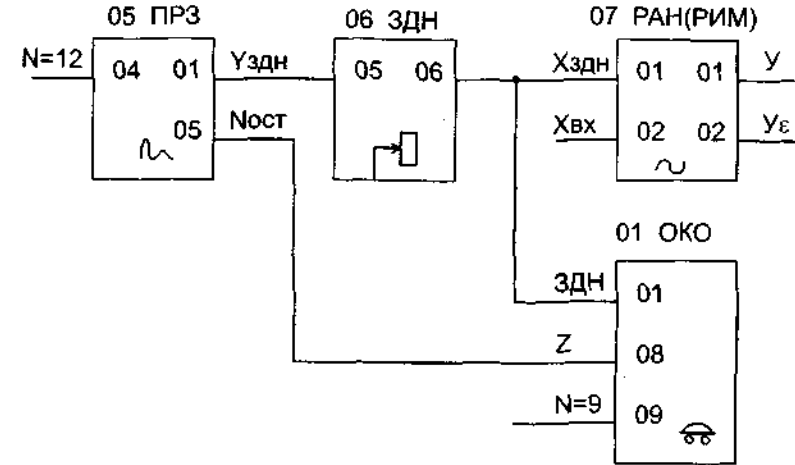


Рис. 3.81. Схема програмної АСР з повторенням числа циклів програми.

Потрібне число повторень задається на вході 04 алгоритму ПРЗ (наприклад, $N = 12$), а індикація числа повторень, що залишилися, за цифровим індикатором у положенні "Z" на ПЛІ забезпечується з'єднанням виходу 05 алгоритму ПРЗ із входом 08 алгоритму ОКО. При цьому на вході 09 алгоритму ОКО задається тип сигналу $N_z = 9$.

Зацікловування програми здійснюється за схемою, зображеною на рис. 3.82. У цій схемі використовуються керуючі входи 01 і 03 алгоритму ПРЗ.



Рис. 3.82. Схема програмної АСР із зацікловуванням.

На вході 01 (пуск) задається константа у вигляді логічної одиниці, а вхід 03 (скидання) з'єднується з дискретним виходом 09 (кінець програми). При такому вмиканні після закінчення програми вона буде автоматично скинута, а по команді "пуск" знову запущена. Усі перелічені варіанти вмикання алгоритму ПРЗ передбачають керування програмою від ПЛ блока БК. Однак практично найчастіше зустрічаються випадки, що потребують виконання програми по командах від датчиків, які досягли граничних значень чи були передані по мережі "Транзит". Приклад такого вмикання алгоритму ПРЗ зображено на рис. 3.83.

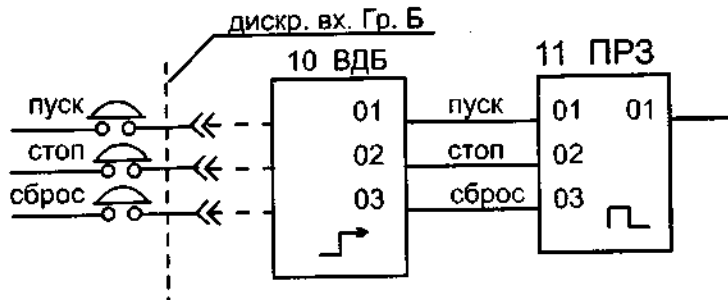


Рис. 3.83. Схема керуваної програмної АСР.

Як впливає із схеми (рис. 3.83), керування програмою виконується від зовнішніх відносно БК клавіш чи дискретними вхідними сигналами. Найчастіше розглянуті схеми можуть поєднуватись одна з одною. Однак забезпечується виконання останньої команди, що надійшла.

Якщо потрібно виконати певні ділянки програми з видачею дискретних команд на зовнішні пристрої, конфігурування алгоритмів здійснюється за схемою, зображеною на рис. 3.84.

Схема реалізується додатковим застосуванням алгоритмів СЧИ і ДВБ. У цій схемі алгоритм порівняння чисел СЧИ настроєний таким чином, що при досягненні програмою другої, п'ятої і сьомої ділянок, формуються дискретні сигнали відповідно на першому, другому і п'ятому виходах контролера.

АСР з балансуванням ручного задавача застосовується для забезпечення безударності переходу з автоматичного режиму в режим ручного, дистанційного керування чи встановлення режиму програмного і зовнішнього завдання.

При відсутності балансування і встановленому режимі ручного завдання відімкнення контуру (режим ручного керування) не змінює сигналу ручного завдання, що був встановлений у алгоритмі ЗДН. З вмиканням

статичного балансування сигнал $X_{здн}$ ручного завдання відімкненого контуру відслідковує вхідний сигнал $X_{вх}$ контуру, тобто автоматично змінюється таким чином, що при будь-якому змінюванні сигналу $X_{вх}$ сигнал розузгодження Y_{ϵ} на виході алгоритму РАН залишається рівним нулю. У цьому режимі ручна зміна завдання блокується. Після вмикання контуру останнє значення сигналу ручного завдання алгоритмом ЗДН запам'ятовується і потім величина $X_{здн}$ може змінюватися вручну.

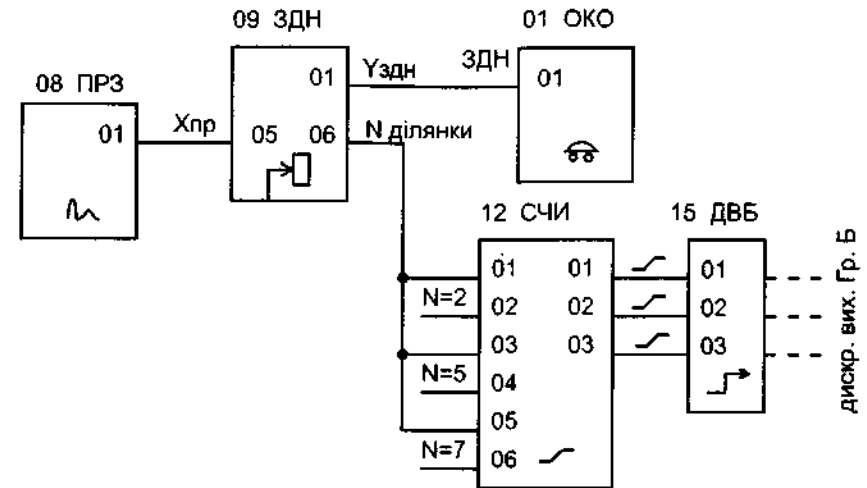


Рис. 3.84. Схема керуваної програмної АСР з формуванням дискретних виходів окремих ділянок програми.

При динамічному балансуванні й відімкненні контуру сигнал завдання також відслідковує вхідний сигнал контуру. Однак із вмиканням контуру (режим автоматичного керування) сигнал $X_{здн}$ буде плавно повертатися до встановленого вручну значення сигналу задавача ЗДН. Динамічне балансування допускає ручну зміну сигналу $X_{здн}$ як у відімкненому, так і у ввімкненому контурі. При цьому в обох випадках вручну задається сигнал, до якого прийде вихідний сигнал алгоритму ЗДН після закінчення балансування. На рис. 3.85 зображено схему вхідної ділянки АСР з динамічним балансуванням.

Динамічне балансування в алгоритмі ЗДН задається на входах 02 і 03 (вид і швидкість балансування). Конфігурування входів різним чином алгоритму ЗДН, що визначають вид балансування, дає змогу автоматично встановлювати, відмінити балансування та переходити з одного виду на

інший. На рис. 3.86 зображено схему ділянки АСР з балансуванням при програмному задаванні.

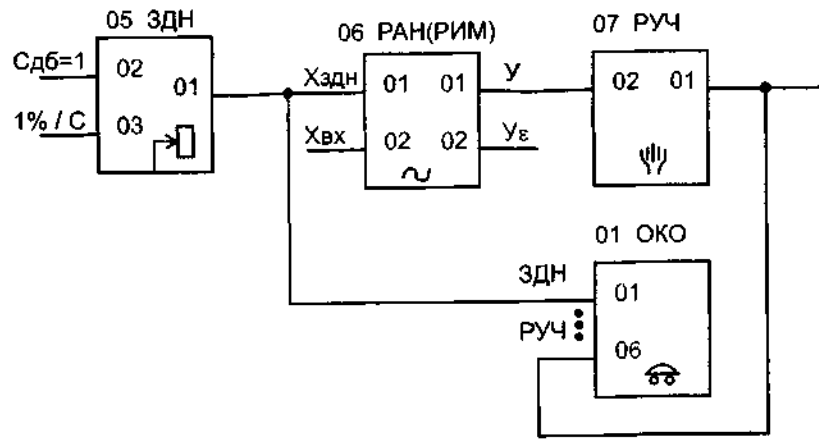


Рис.3.85. Схема АСР з динамічним балансуванням

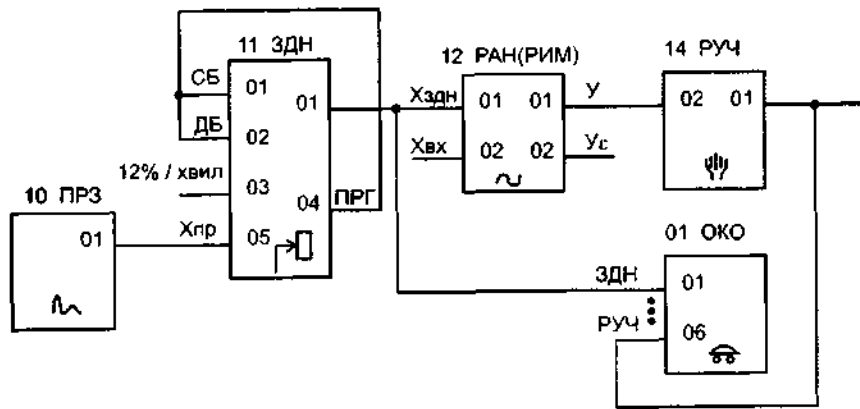


Рис. 3.86. Схема ділянки АСР з балансуванням у режимі програмного задавання.

Як впливає із рис. 3.86, у режимі програмного (зовнішнього) задавання автоматично вмикається статичне і динамічне балансування (вхід 01 і 02) дискретною командою ПРГ з виходу 04 алгоритму ЗДН. У цьому разі

вузол ручного завдання відслідковуватиме поточне значення сигналу $X_{здн}$ завдання на вході алгоритму ЗДН. При цьому за рахунок динамічного балансування сигнал $X_{здн}$ почне плавно змінюватись і прямувати до поточного значення сигналу $X_{пр}$ програмного задавача. У випадку переходу в режим ручного завдання статичне балансування забезпечує запам'ятовування останнього значення завдання алгоритму ЗДН.

3.6. ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОНТРОЛЕРИ "УНІКОНТ".

Програмно-технічні контролери УНІКОНТ (ПТК УНІКОНТ) – це МПК, призначений для створення систем керування технологічними процесами і електронних щитів КІП і А в хімії, металургії, енергетиці, машинобудуванні, нафтовій, газовій, харчовій промисловості та інших галузях народного господарства. ПТК УНІКОНТ дозволяють створити єдину систему контролю і керування технологічними процесами різного класу і задовольняють усім вимогам стосовно систем керування від початкових стадій виробництва до управління підприємством у цілому. Основну ПТК складають універсальні мікропроцесорні контролери УНІКОНТ різної конфігурації, які об'єднують у собі функції контролю, обчислення і керування, забезпечуючи можливість застосування їх для автоматизації безперервних, періодичних і дискретних виробництв.

Склад ПТК УНІКОНТ дозволяє створювати АСКТП різної складності завдяки представницькій номенклатурі технічних і програмних засобів, яка вміщує: контролери зв'язку з об'єктом; технічні засоби для компонування каналів зв'язку з об'єктом; технічні засоби для побудови розподілених систем збору і передачі інформації; робочі станції; клавіатури багатифункціональні; пакети програм базового, сервісного і прикладного програмного забезпечення.

Контролери зв'язку з об'єктом призначені для автономного застосування, а також у складі локальних обчислювальних мереж чи багаторівневих АСКТП для виконання функцій збору, попередньої обробки інформації від об'єкта контролю і видачі керуючих дій. Контролери виконують одноплатною чи двоплатною центральною процесорною частиною і каналами зв'язку з об'єктом. Мають різноманітне виконання, які відрізняються типом застосованого мікропроцесора, конструктивним виконанням і кількістю компонуємих інтерфейсних місць. Основні виконання контролерів та їх технічні характеристики представлені у табл.3.25 і 3.26, а на рис 3.87 і 3.88 наведені загальні логічні структури (конфігуратор) контролерів виконаних на базі мікропроцесорів INTEL.

У контролерах, що оснащені МП80С186ЕС і INTEL386 використовуються процесорні блоки БПр, які розміщуються на одній платі разом з ОЗУ, ПЗУ і контролером системного зв'язку КСв.

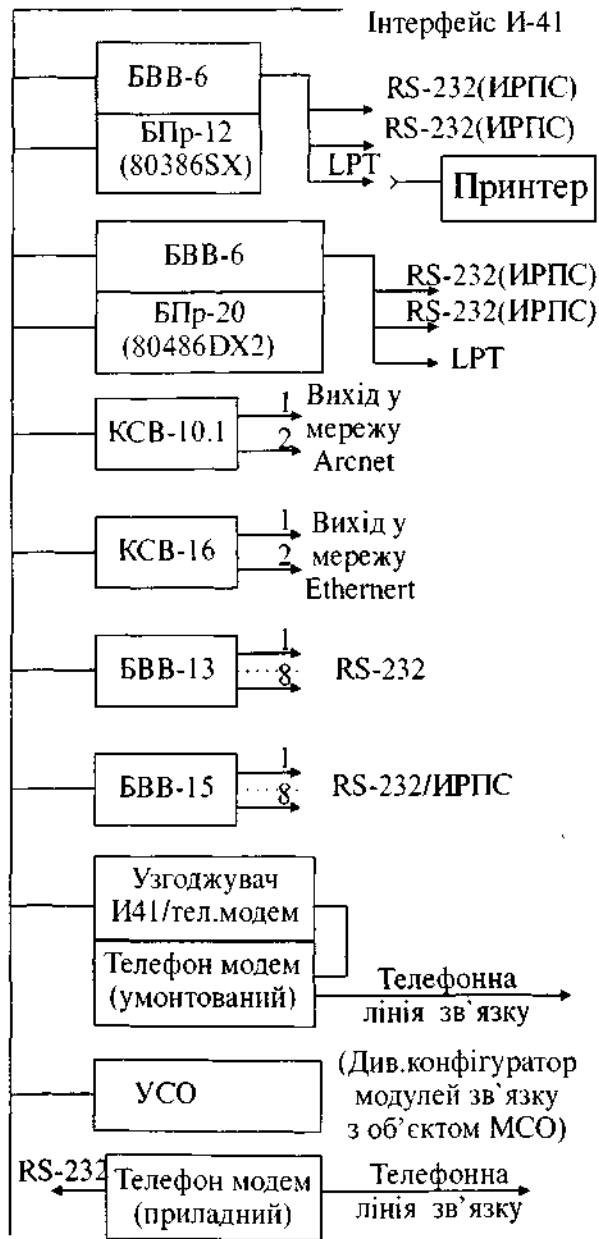


Рис. 3.87. Загальна логічна структура контролера УНІКОНТ на підставі МП Intel 80386 SX і 80486 DX2

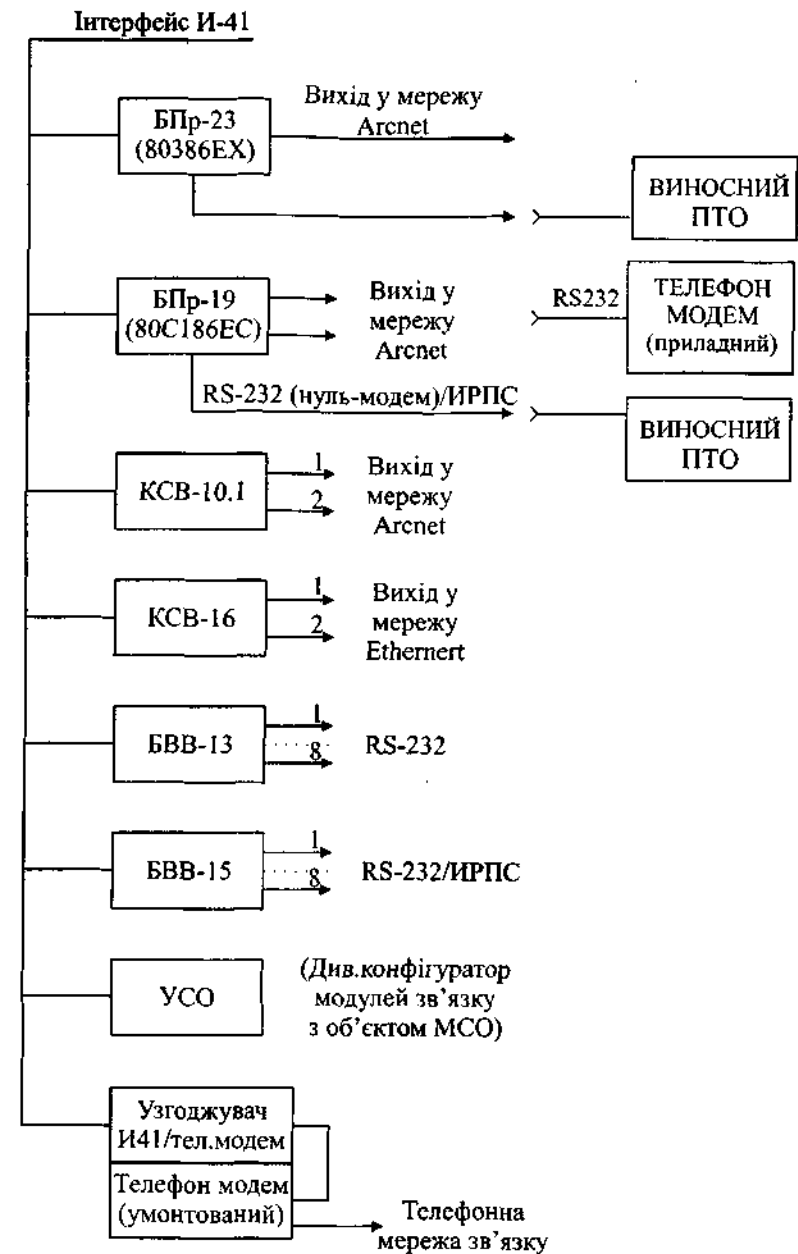


Рис. 3.88. Загальна логічна структура контролера УНІКОНТ на базі МП INTEL 80C186EC і 80386EX

Завдяки цьому суттєво підвищується їх надійність. Центральна частина контролерів, що компонується на базі мікропроцесорів 80386SX і 80486DX2, розміщується на двох платах: процесорного блоку БПр і блоку вводу-виводу БВВ-6. Склад каналів зв'язку з об'єктом (УСО), що компонується у контролерах різного виконання, однаковий і не має обмежень. Усі типи УК-743 вміщують енергонезалежні годинники реального часу.

Таблиця 3.25. Виконання контролерів УНІКОНТ.

Шифр контролера	Тип мікропроцесора	Конструктивне виконання контролера	
		Кількість компонентних місць	Конструктивні габарити, мм
УК743.1/0	80C186EC	44 (компонування 4-х контролерів по 11 місць)	Шафа напільна 1600×800×450
УК743.1/2			
УК743.4/0	INTEL 386EX		
УК743.4/2			
УК743.2/0	80386SX	40 (компонування 2-х контролерів по 20 місць)	
УК743.2/2	80486DX2		
УК743.3/0			
УК743.3/2			
УК743.1/3	80C186EC	11	Шафа навісна 420×500×300
УК743.4/3	INTEL386EX		
УК743.1/6	80C186EX	9	Шафа навісна 500×400×450
УК743.4/6	INTEL386EX		
УК743.2/6	80386SX		
УК743.3/6	INTEL80486DX2		
УК743.1/8	80c186EC	15	Шафа навісна 500×600×450
УК743.4/8	INTEL386EX		
УК743.2/8	80386SX		
УК743.3/8	80486DX2		
УК743.4/4	INTEL386EX	15	Шафа навісна 520×360×180

Контролери УК743.2 і УК743.3 архітектурно і програмно сумісні з РС АТ, що дозволяє використовувати широкий спектр програмного забезпечення з ПЕОМ, а також застосовувати ПЕОМ для підготовки і налагодження програм. Усі пристрої МП контролера зв'язує за допомогою інтерфейсу І-41 (МАЛТИБАС), що містить 72 лінії, які можна поділити на три основні шини: адреси (16 ліній для адресації пам'яті ємністю 64Кбайт, плюс 4 резервні для поширення ємності пам'яті при роботі з МП); даних (8 двонаправлених ліній плюс 8 резервних); керування (36 ліній). У кожний момент в передачі інформації через І-41 беруть участь тільки два

пристрої, один з яких є активним (ведучим – задавачем), а другий – пасивним (веденим – виконувачем). Задавач, ініціюючий передачу займає шини інтерфейсу, виставляє адресу виконувача на шину адреси, задає направлення передачі (читання – запис, увід – вивід), видає інформацію виконувачу чи приймає з нього. Виконувачем може бути будь-який пристрій, підключений до інтерфейсу, а задавачем – всі пристрої, окрім пристрою пам'яті. Один і той же пристрій в одних операціях може бути задавачем, а в інших – виконувачем.

Таблиця 3.26. Технічні характеристики контролерів.

Найменування показника		УК743.1	УК743.4	УК743.2	УК743.3
Об'єм ОЗУ	Статичне ОЗУ, Кбайт	128 + 256	1024		
	Динамічне ОЗУ, Мбайт	-	-	2 + 16	4 + 32
Об'єм ПЗУ (FLASH)	Програмуєме ПЗУ для BIOS, Кбайт	512	128	64	64
	Електронний диск, Мбайт	-	1	-	-
Додатковий блок поширення пам'яті	ОЗУ, електронний диск (енергонезалежний), Мбайт	0,128 + 1			
	ПЗУ (FLASH), електронний диск, Мбайт	1 + 8			
Продуктивність, млн. опер/с		2	7	9	50
Інтерфейс		Ethernet, Arcnet, RS-232, ІРПС			
Температура навколишнього повітря, °С		(-30) + 50		5 + 40	

Наприклад, МП при звертанні до пам'яті є задатчиком, а при обробці запиту переривань діє як виконувач.

Конструктивно контролер розміщується у напільній чи навісній шафі. Відповідний конструктив шафи обирається у залежності від кількості компонентних каналів зв'язку з об'єктом. Контролери розраховані на цілодобовий режим експлуатації. Наробка на відмову центральної частини контролера (без каналів зв'язку з об'єктом і пристроїв вводу-виводу) складає біля 10 тис.год, а наробка на відмову каналу зв'язку з об'єктом – біля 200 тис.год. Подальше підвищення надійності досягається резервуванням контролерів на підставі двох однопроцесорних.

Конструкція контролера забезпечує стійкість його до дії вібрації частотою 25Гц з амплітудою до 0,1 мм (УК743/0, УК743/2, УК743/6, УК743/8), вібрації частотою до 50Гц з амплітудою до 0,35 мм (УК743/3) і вібрації з частотою до 100Гц з амплітудою до 0,1 мм (УК743/4). Експлуатація контролерів у залежності від складу моделей може здійснюватись як у приміщеннях з опаленням, так і без опалення. Навісні шафи контролерів мають виконання як з пультом (див. рис. 3.89), так і без пульта технолога-оператора.

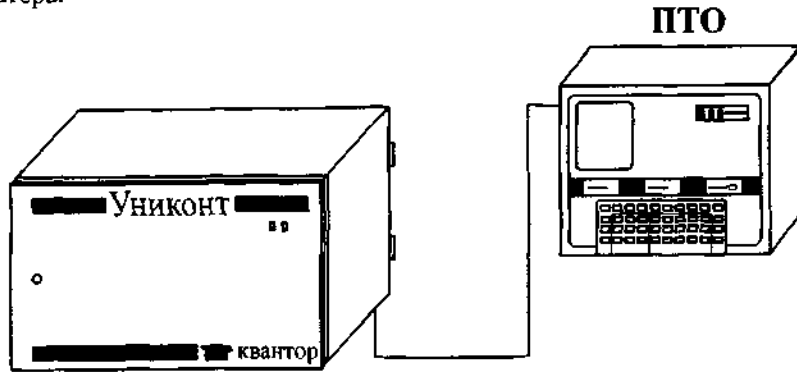


Рис.3.89. Загальний вигляд контролера УК743/8 у навісній шафі (габарити 500×600×450 мм) з пультом технолога-оператора (ПТО).

Технічні засоби для компонування каналів зв'язку з об'єктом (УСО) складають модулі і блоки, що призначені для організації у складі контролерів каналів вводу інформації від об'єкта керування і каналів формування керуючих дій на виконавчі механізми об'єкта керування.

Модулі зв'язку з об'єктом виконані на печатних платах типу Е2 і призначені для установлення у каркас контролера. Обмін інформацією з МП здійснюється за інтерфейсом І41. Кожний модуль зв'язку з об'єктом є функціонально завершеним пристроєм, що забезпечує пошук і заміну несправного модуля у процесі експлуатації. Компонування каналів з розподіленою структурою здійснюється за допомогою блоків зв'язку з об'єктом у приладному виконанні, які призначені для розміщення безпосередньо на об'єкті. Такі блоки за функціональними ознаками розподіляються на наступні групи: перетворювачі сигналів від термопар чи термометрів опору (у подальшому перетворювачі); блоки нормалізації дискретних сигналів; блоки комутації силових кіл. Усі блоки приладного виконання конструктивно виготовлені у пилевологозахисному корпусі і призначені для навісного монтажу. Канал зв'язку з об'єктом слід розглядати як сполучення модуля чи модулів зв'язку з об'єктом, системного жгута і кросу для

підключення ліній зв'язку від об'єкта. Для каналів зв'язку з об'єктом з розподіленою структурою у складі каналу присутній виносний блок, що підключається до каналу у складі контролера через крос. Виносні блоки і модулі призначені для експлуатації в умовах зміни температур від (-35) до 65°C і відносній вологості до 95%.

Склад і технічні характеристики модулів і блоків зв'язку з об'єктом наведені у таблиці 3.27-3.36.

Модулі УСО вводу дискретних, імпульсних і частотних сигналів входять до каналів підсистеми, що об'єднує канали виконуючі перетворення дискретного, імпульсного чи частотного сигналу у цифровий код. У таблиці 3.27 наведені типи та технічні характеристики цих модулів.

Таблиця 3.27. Технічні характеристики пристроїв вводу дискретних, імпульсних і частотних сигналів.

Найменування і тип пристрою	Призначення	Технічні характеристики
1	2	3
Модуль вводу дискретних сигналів МВДС – 32: МВДС(6) – 32 МВДС(12) – 32 МВДС(24) – 32 МВДС(48) – 32 МВДС(5Т) – 32 МВДС(20Т) – 32	Перетворення вхідного дискретного сигналу постійної напруги чи струму у логічний сигнал	Кількість каналів – 32. Гальванічне розділення входів. Рівні вхідних сигналів: логічний "0"/логічна "1" (0 – 1,2)В / (4,8 – 7,2)В (0 – 2,4)В / (9,6 – 14,4)В (0 – 4,8)В / (19,2 – 28,8)В (0 – 9,6)В / (38,4 – 50)В (0 – 1)мА / (4 – 6)мА (0 – 4)мА / (16 – 24)мА
Модуль вводу дискретних сигналів МВДС(К) – 64 КО	Перетворення дискретного сигналу опору від датчиків типу "сухий контакт"	Кількість каналів – 64. Гальванічне розділення груп каналів – 4 групи по 16 каналів. Рівень вхідного сигналу ("сухий контакт") логічний "0"/логічна "1", Ом: не менше 50000 / не більше 200. Контроль лінії зв'язку до датчика на обрив.
Модуль вводу дискретних сигналів МВДС(П) – 32	Перетворення дискретного сигналу змінного струму у логічний сигнал	Кількість каналів – 32 Гальванічне розділення входів. Рівень вхідного сигналу (діюче значення): логічний "0"/логічна "1" (0 – 4,8)В / (19 – 28,8)В

1	2	3
Модуль уводу дискретних сигналів МВДС(К) – 32	Перетворення дискретного сигналу опору від датчиків типу “сухий контакт”	Кількість каналів – 32 Гальванічне розділення входів. Рівень вхідного сигналу: логічний “0”/ логічна “1”, Ом – менше 50000 / не більше 200
Модуль уводу ініціативних сигналів МВИС – 32	Перетворення дискретного сигналу постійного струму у логічний сигнал; контроль зміни стану вхідного сигналу по любому входу, формування запиту на переривання при зміні стану любого входу; видача позиційного слова стану каналів	Кількість каналів – 32 Гальванічне розділення входів. Рівень вхідного сигналу : логічний “0”/ логічна “1” мА - (0 – 0,4) / (4 – 6). Час від моменту зміни вхідного сигналу до формування запиту на переривання – 0,1 мс. Режим роботи: ініціативний увід з контролем зміни стану по любому входу; увід поточного стану по любому входу.
Модуль уводу число-імпульсних і часово-імпульсних сигналів МВВИС – 16:	Перетворення кількості імпульсів чи тривалостей імпульсу у цифровий код.	Кількість каналів – 16 Ємкість лічильника число-імпульсних сигналів по кожному каналу – 65535. Гальванічне розділення входів. Діапазон вимірюваних часових інтервалів: 2,09712с (дискретність – 32 мкс) + 268,43136 с (дискретність – 4096 мкс). Рівень вхідного сигналу : логічний “0”/ логічна “1”
МВВИС (6) – 16 МВВИС (12) – 16 МВВИС (24) – 16 МВВИС (48) – 16 МВВИС(T5) – 16		(0 – 1,2) В / (4,8 – 7,2) В. (0 – 2,4) В / (9,6 – 14,4) В (0 – 4,8) В / (19,2 – 28,8) В (0 – 9,6) В / (38,4 – 50) В (0 – 1)мА / >4 мА

1	2	3
Модуль вібродіагностики МВБР – 4	Вимірювання швидкості вібропереміщень валу газотурбінного двигуна Д336, що входить до складу газоперекачуючого агрегату ГПА-Ц-6,3	Кількість каналів – 3 Частотний діапазон – (30 + 270)Гц Діапазон вимірювання віброшвидкості – (5 + 100) мм/с. Затухання амплітудно-частотної характеристики поза частотного діапазону – не менш 20дБ/окт. Похибка вимірювання - $\pm 10\%$. Межеві параметри вібрації: прискорення – не більше 981м ² /с; амплітуда зміщення – не більш 5 мм; діапазон частот – (5+5000)Гц Тип датчика: МВ-04-1; МВ-04-3.
Модуль уводу частотних сигналів МВЧС – 8	Перетворення вхідного частотного сигналу у 12-ти розрядний цифровий код	Кількість каналів - 8 Гальванічне розділення входів. Діапазон вхідного сигналу, Гц: 0 – 250; 0 – 500; 0 – 1000; 0 – 2000; 0 – 4000; 0 – 8000; 0 – 16000; 0 – 32000. Рівень вхідного сигналу : логічний “0”/ логічна “1” (0 – 1,2) В / (4,8 – 7,2) В. (0 – 2,4) В / (9,6 – 14,4) В (0 – 4,8) В / (19,2 – 28,8) В (0 – 9,6) В / (38,4 – 50) В (0 – 1)мА / >4 мА
МВЧС (6) – 8 МВЧС (12) – 8 МВЧС (24) – 8 МВЧС (48) – 8 МВЧС (5T) – 8		
Модуль уводу частотних сигналів МВЧС – 4	Нормалізація і перетворення у цифровий код сигналів з датчиків обертів ДТА-10 і частоти обертання ДЧВ-4	Кількість каналів – 4 Код вихідного сигналу 48 розрядний, двоїчний. Діапазон вимірювання вхідної частоти 0,5+20000 Гц. Амплітуда напруги сигналу – (0,4 – 10)В. Контроль цілісності лінії зв'язку до датчика на обрив.

1	2	3
Виносний блок нормалізації постійного і змінного струму БН(Р) – 16 БН(Р) – 16М1	Нормалізація дискретних сигналів постійного і змінного струму	Кількість каналів – 16 Вхідний сигнал – напруга постійного і змінного струму 110В і 220В. Вихідний сигнал – стан “відкритого колектора” Гальванічне розділення входів і виходів: для БН(Р) – 16 – 500В; для БН(Р) – 16М1 – 1500В. Увід інформації у контролер через МВДС(К) – 32 чи МВДС(К) – 64КО.
Блок нормалізації БН – 8	Нормалізація сигналів від датчиків частоти обертання до рівнів логічних сигналів	Кількість каналів – 8 Вхідні сигнали: форма – близька до синусоїди; амплітуда – (0,2 – 10)В; частота – до 17 кГц. Вихідні сигнали – прямокутні імпульси з рівнем логічний “0” – (0 – 0,8)В і логічна “1” – (4,75 – 5,25)В. Увід інформації у контролер через МВЧС – 8.

Канали уводу дискретних сигналів (див. рис. 3.90) дозволяють: уводити поточний сигнал від дискретних датчиків у вигляді постійної напруги (6, 12, 24, 48 В), постійного струму (5 і 20 мА), змінної напруги (24; 110 і 220 В) чи опору (датчик типу “сухий контакт”); контролювати зміну стану датчика і переривати, у разі такої зміни, виконання поточної програми процесора. Увід поточного стану забезпечується як каналом у складі контролера, так і каналом розподіленої структури, у складі якого використовуються блоки БН(Р) – 16 і БН(Р) – 16М1 (див. рис. 3.91)

Канали уводу частотних і імпульсних сигналів (рис. 3.92) дозволяють: перетворювати частотний сигнал у вигляді послідовності імпульсів з амплітудою 6, 12, 24, 48 В чи 5 мА у цифровий код; вести підрахунок імпульсів, що знаходяться з накопиченням чи контролем по заданій уставці; перетворювати тривалість імпульсу у цифровий код.

Модулі УСО уводу аналогових сигналів напруги і струму входять до підсистеми, що об’єднує канали (див.рис.3.93) перетворення сигналів середнього рівня у цифровий код за наступними варіантами: без заглушення завад; із заглушенням завад загального типу амплітудою до 5В; із заглу-

шенням завад загального типу амплітудою до 220В; із заглушенням завад нормального і загального типу. У табл.3.28 наведені типи та технічні характеристики цих модулів.



Рис. 3.90. Підсистема уводу дискретних сигналів.



Рис. 3.91. Підсистема уводу дискретних сигналів з використанням виносних блоків.

У каналі може бути використаний будь-який з трьох типів аналогово-цифрового перетворення АЦП-60, АЦП-32 чи АЦПИ-60. Модуль АЦП-60 бистродіючий і забезпечує увід сигналів через свій комутатор. Діапазон вхідних сигналів: $\pm 10\text{В}$; $\pm 5\text{В}$ (20мА); $\pm 2,5\text{В}$ (5мА). Модуль АЦП-32 бистродіючий і забезпечує увід сигналів як через свій комутатор, так і від пасивного нормалізатора МН-12. Модуль АЦПИ-60 інтегруючий і забезпечує увід сигналів через ключі власного комутатора. Модуль перетворює сигнали постійно і накопичує (буферус) дані у пам’яті. Цикл оновлення даних – 1,3 с. При звертанні з боку процесора інформація зчитується з буферної пам’яті. Модуль здійснює заглушення завад нормального і загального виду. Для уводу сигналів із заглушенням завад загального виду використовуються: модуль МН-12 з АЦПИ-60 (однополярні вхідні сигнали); модуль МН-12 з АЦП-32. Модуль МН-12 (пасивний нормалізатор), забезпечує гальванічне розділення каналів і підключається до входів АЦПИ-60 і АЦП-32 через зовнішній роз’єм за допомогою жгута. Сигнали

струму перетворюються на вході контролера у сигнал напруги, для чого у кросі встановлюються нормуючі опори.

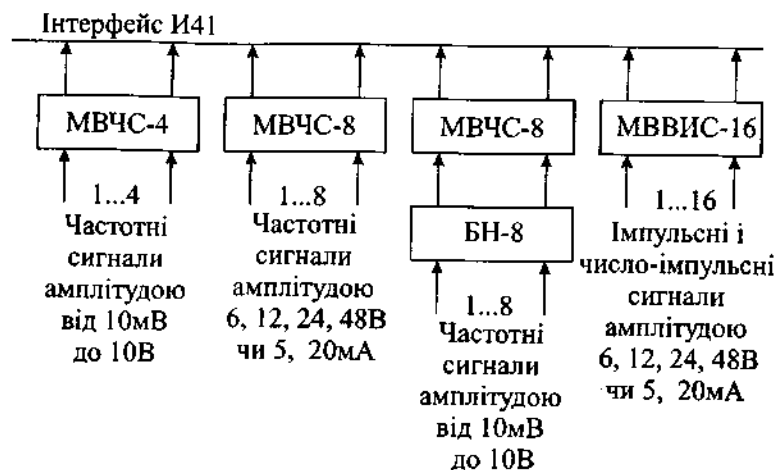


Рис. 3.92. Підсистема вводу імпульсних і частотних сигналів.

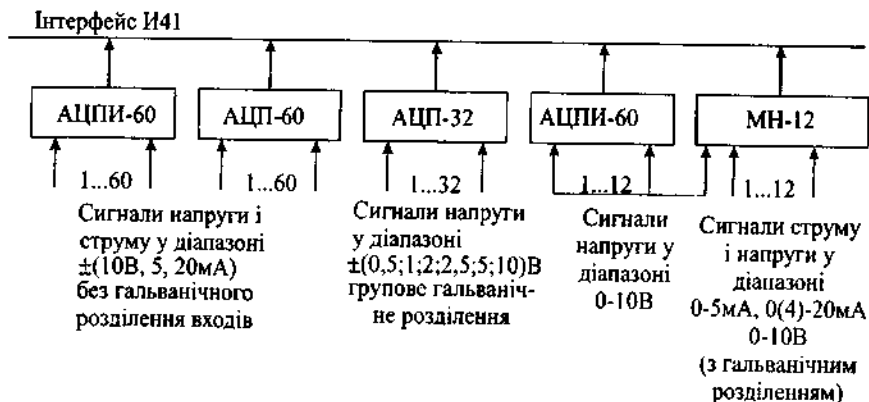


Рис.3.93. Підсистема вводу аналогових сигналів напруги і струму.

Модулі УСО вводу сигналів від термоперетворювачів входять до підсистеми, що об'єднує канали перетворення сигналів від термопар і термоопорів у цифровий код. Різноманітні варіанти реалізації каналів вводу наведені на рис.3.94-3.100, а у табл.3.29 – типи та технічні характеристики цих модулів.

Таблиця 3.28. Технічні характеристики пристроїв вводу аналогових сигналів напруги і струму.

Найменування і тип пристрою	Призначення	Технічні характеристики
1	2	3
Аналого - цифровий перетворювач АЦП-60	Комутація вхідних аналогових сигналів і перетворення у цифровий 12-ти розрядний код	Кількість каналів: 60 – при однополюсній комутації; 30 – при двополюсній комутації; 30 однополюсних і 15 двополюсних – при комбінованій комутації. Діапазон вхідних сигналів: $\pm(10; 5; 2,5)$ В. Вихідний код – 12-ти розрядний двоїчний додатковий. Основна наведена похибка перетворення – не більше 0,1%. Час перетворення – до 13мкс.
Аналого-цифровий перетворювач АЦП-32	Комутація вхідних аналогових сигналів і перетворення у цифровий 12-ти розрядний код.	Кількість каналів: 32 – при однополюсній комутації; 16 – при двополюсній комутації. Діапазон вхідних сигналів: $\pm(0,5; 1; 2; 2,5; 5; 10)$ В. Вихідний код 12-ти розрядний двоїчний додатковий. Групове гальванічне розділення вихідних каналів. Основна наведена похибка перетворювача – не більше 0,1%. Час перетворення – до 13мкс. Умонтований підсилювач виборки і зберігання. Режим перетворення: безперервне сканування каналів з довільним доступом до буферного ЗУ; перетворення сигналу довільного каналу із записом до буферного ЗУ; перетворення групи каналів, починаючи із заданого, та записом результату до буферного ЗУ; перетворення і видача результату протягом однієї команди читання. Час звернення до модуля від контролера (за виключенням останнього режиму) – 200 нс. Умови експлуатації – $(-35 + 60)^{\circ}\text{C}$.

1	2	3
Аналого-цифровий перетворювач інтегруючий АЦПІ-60	Комутація вхідних сигналів, заглушення завад нормального виду і перетворення вхідних сигналів у цифровий 13-ти розрядний код.	Кількість вхідних каналів: 60 – при однополюсній комутації; 30 – при двополюсній комутації; 30 однополюсних і 15 двополюсних – при комбінованій комутації. Діапазон вхідних сигналів: $\pm(10; 5; 2,5)$ В. Вихідний код – 13-ти розрядний двоїчний додатковий. Основна наведена похибка перетворення – 0,05%. Час циклу сканування: 1,3 с – для 60 каналів; 0,88 с – для 45 каналів; 0,65 с – для 30 каналів. Час перетворення одного каналу – 40 мс.
Аналогово-цифровий перетворювач інтегруючий АЦПІ(Р)-4	Перетворення вхідного сигналу постійного струму і напруги постійного струму у цифровий код.	Кількість каналів: однополярних без гальванічного розділення $(0 + 10)$ В – 10; двополярних без гальванічного розділення (± 10) В – 9; гальванічно розділених – 4 для АЦПІ(Р)-4 і 2 для АЦПІ(Р)-4И. Виконання модуля: АЦПІ(Р)-4 – для перетворення у каналах без вибухозахисту; АЦПІ(Р)-4И – для перетворення у каналах з вибухозахистом виду “ia” (у комплекті з бар’єром іскрозахисту БИП-2). Вхідний сигнал: $0 + 20$ мА, $0 + 10$ В, ± 10 В – для АЦПІ(Р)-4; $0,4 + 2$ В – для АЦПІ(Р)-4И. Вихідний код – 16-ти розрядний двоїчний додатковий. Міцність гальванічного розділення поміж каналами і загальними колами – 500В. Похибка перетворення: 0,15% - для каналів з гальванічним розділенням; 0,05 – для каналів без гальванічного розділення. Час перетворення – 60 мс.
Модуль нормалізації напруги постійного струму МН-12	Гальванічне розділення каналів уводу аналогових сигналів напруги	Кількість гальванічно розділених каналів – 12. Діапазон вхідного сигналу – $(0 + 10)$ В. Міцність гальванічного розділення між входом і виходом – 1,5 кВ. Похибка нелінійності – 0,1%

Аналого-цифровий перетворювач інтегруючий АЦПІ(Р)-4 ІВМ	Перетворення вхідного сигналу постійного струму від вимірювальних трипровідних перетворювачів ВППІ/ТС-5 і від вимірювальних двопровідних перетворювачів типу ВПТС-6М-Ех, ВППІ-51-Ех, ВПТС-55-Ех, а також від датчиків струму у цифровий код. Встановлюється у ПЕОМ ІВМ РС.	Кількість каналів гальванічно розділених – для підключення вимірювальних перетворювачів температури чи датчиків струму – від 1 до 4. Діапазон вхідного сигналу струму – від $0(4)$ до 20мА. Вихідний код – 16-ти розрядний двоїчний додатковий. Міцність гальванічного розділення поміж каналами і загальними колами – 500 В. Ємність внутрішнього ОЗУ – 256 байт. Час обміну даними по шині ISA – не більше 0,5мкс. Основна наведена похибка перетворення – до 0,1%. Час перетворення одного каналу – 60мс.
Модуль нормалізації напруги низького рівня МННУ-10	Живлення датчиків та перетворення сигналів струму від вимірювальних перетворювачів типу ВПТС-2, ВППІ-2 чи датчиків струму у сигнал напруги	Кількість каналів з гальванічним розділенням на вході – 10. Діапазон вхідного сигналу – $(4 + 20)$ мА, вихідного сигналу – $(2 + 10)$ В. Похибка перетворення – до 0,2%.

Канали уводу сигналів від термоперетворювачів компонуються за допомогою модулів МНТП/ТС-8(Р) і МНТП/ТС-16, що умонтовані безпосередньо у конструктивні контролери. При цьому підключення МНТП/ТС-8(Р) здійснюється через будь який з модулів АЦПІ-60, АЦПІ-60, АЦПІ-32(див. рис.3.95).

Таблиця 3.29. Технічні характеристики пристроїв уводу сигналів від термоперетворювачів.

Найменування і тип пристрою	Призначення	Технічні характеристики
1	2	3
Модуль нормалізації сигналів термопар і термоопорів МНТП/ТС-8(Р)	Перетворення сигналів термоопорів і термопар у сигнали напруги середнього рівня	Кількість каналів з гальванічним розділенням – 8. Типи датчиків, що підключаються: термоелектричні перетворювачі – ТВР, ТПР, ТПП, ТХА, ТХК; термоперетворювачі опору – ТСМ(10М, 50М, 100М), ТСП(10П, 50П, 100П) та ін. види НСХ; джерело ЕДС. Межі зміни вхідних сигналів від 10 до 400 мВ і від 10 до 400 Ом. Вихідний сигнал – (0±10)В. Похибка перетворення – 0,25%. Контроль температури холодних спаїв здійснюється через один з каналів модуля. Компенсація ЕДС холодних спаїв здійснюється програмним способом. Підключення термоопору передбачає три провідну лінію зв'язку. Максимальна відстань термоопорів від модуля – до 30м, а датчиків ЕДС – до 50м. Підключення модуля до контролера відбувається за допомогою модулів АЦП – 60, АЦПИ – 60, АЦП – 32. Живлення модуля здійснюється від контролера і встановлюється у конструктиві контролера. Застосовується в умовах зміни температур навколишнього повітря від (-10) до 50°C з відносною вологістю до 95%.
Виносний перетворювач термоопорів ВПТС-2	Перетворення сигналів термопар і термоопорів уніфікований сигнал постійного струму 4±20 мА.	Кількість каналів перетворення – 2. Тип датчиків для підключення – ТСМ 50М(0+100°C, 0 +200°C, (-50)+0 +(±50)°C). Максимальна відстань датчика від контролера до 100 м. Похибка перетворення – 0.2%.

Продовж. табл. 3.29

1	2	3
Модуль нормалізації МНТП/ТС-16	Перетворення сигналів від термоопорів і термопар в уніфікований сигнал (4-20мА)	Кількість незалежних каналів перетворення – 16. Типи датчиків, що підключаються: термоелектричні перетворювачі ТВР, ТПР, ТХК, ТПП, ТХА; термоперетворювачі опору ТСМ (10М, 50М, 100М), ТСП(10П, 50П, 100П) та інші види НСХ; джерело ЕДС; тензомости. Межі зміни вхідних сигналів від 10 до 100 мВ і від 10 до 100 Ом. Вихідний сигнал – (4±20)мА. Похибка перетворення – 0.1%. Підключення термопар до модуля проводять за допомогою коробки холодних спаїв КХС-14. Контроль температури холодних спаїв здійснюється програмним способом. Підключення термопар передбачає три провідну лінію зв'язку. Максимальна віддаленість датчика опору від модуля до 30 м, а датчика ЕДС- до 50м. Підключення модуля до контролера проводять за допомогою модулів АЦП-60, АЦПИ-60, АЦП-32 і джерела живлення ИП-29. Маркування виду вибухозахисту “ОЕхІаІІСТ6” у комплекті з АЦП-32 і ИП-29. Модуль встановлюється у контролер і розрахований для експлуатації в умовах зміни температур від (-35) до 50°C при відносній вологості повітря до 95%.
Джерело живлення ИП-29	Перетворення напруги постійного струму у стабілізовану напругу для живлення модулів нормалізації МНТП/ТС-16	Кількість вихідних каналів для живлення – 16. Діапазон вхідної напруги – (23±28) В. Номінальна вихідна напруга – 32.5В. Межі зміни струму по кожному каналу живлення – (4±20) мА. Виконання джерела живлення: ИП-29 – звичайне; ИП-29И – вибухозахищене. Параметри іскробезпечних кіл: напруга холостої ходи і струм короткого замикання не перевищують відповідно 36 В і 65 мА. Міцність гальванічного розділення між входом і виходом – до 1000 В. Застосовується в умовах зміни температур навколишнього повітря від (-35) до 60°C і відносній вологості до 80%. Габаритні розміри – 255*250*19.5мм.

1	2	3
Виносний перетворювач термоелектричних перетворювачів	Перетворення сигналів від термопар в уніфікований сигнал постійного струму 4+20 мА	Кількість каналів перетворення — 2. Типи датчиків для підключення ТХА, ТВР, ТПП (0+200°C, 0+400°C, 0+1000°C). Максимальна відстань від контролера до 100 м. Похибка перетворення -0.2%. Передбачена компенсація ЕДС холодного спаю.
ВПТП-2 Виносний перетворювач сигналів термоопорів і термопар ВПТП/ТС-5	Перетворення сигналів термопар і термоопорів в уніфікований сигнал постійного струму 4+20 мА	Кількість каналів перетворення — 5. Типи датчиків для підключення: термоелектричні перетворювачі ТВР, ТПР, ТПП, ТХА, ТХК; термоопори ТСМ, ТСП та інші; джерело ЕДС; тензомости з вихідним опором до 2 кОм. Межа зміни вхідних сигналів від 10 до 100 мВ і від 10 до 100 Ом. Довжина лінії зв'язку від датчика до перетворювача — 50 м. Довжина екранованої три провідної лінії зв'язку між перетворювачем і ПЕОМ — 500 м. Похибка перетворення — 0.05%. Час перетворення по кожному каналу — 60 мс і час сканування — до 480 мс.
Виносний перетворювач термоопорів ВПТС-6М-Ех	Перетворення сигналів від термоопорів в уніфікований сигнал постійного струму 4+20 мА.	Кількість каналів перетворення — 6. Типи датчиків, що підключаються: ТСМ (10М, 50М, 100М) і ТСП (10П, 50П, 100П). Довжина екранованої лінії зв'язку між перетворювачем і контролером — до 500 м, а між перетворювачем і датчиком — до 50 м. Похибка перетворення -0.25%. Час перетворення по каналу — 60 мс. Період сканування усіх каналів — до 1с.
Виносний перетворювач термоопорів ВПТС-55-Ех	Перетворення сигналів від термоопорів в уніфікований сигнал постійного струму 4+20 мА	Кількість каналів перетворення — 55. Типи датчиків, що підключаються ТСМ (10М, 50М, 100М) і ТСП (10П, 50П, 100П). Межі зміни вхідних сигналів від 10 до 75 Ом. Кількість діапазонів вимірювання — 4 з дискретністю установки 5 Ом. Усі інші характеристики ідентичні перетворювачу ВПТС-51-Ех.

1	2	3
Виносний перетворювач для термоелектричних перетворювачів ВПТП-51-Ех	Перетворення сигналів від термопар в уніфікований сигнал постійного струму 4+20 мА.	Кількість каналів перетворення — 51, а для вимірювання температури холодних спаїв за допомогою термоопорів — 4. Тип датчиків для підключення — ТВР, ТПР, ТПП, ТХА, ТХК. Границі зміни вхідних сигналів — від 0 до 75 мВ. Кількість діапазонів — 4, з дискретністю установки 5 мВ. Похибка перетворення -0.25%. Час перетворення — 60 мс, а період сканування по всіх каналах — до 4 с. Довжина екранованої лінії зв'язку між перетворювачем і контролером — до 500 м, а між перетворювачем і датчиком — до 100 м. Підключення термопар передбачає застосування коробки холодних спаїв КХС-14. Компенсація ЕДС холодного спаю здійснюється програмним способом. Підключення до контролера здійснюється через модулі АЦПИ(Р)-4 або АЦПИ(Р)-4И з бар'єром іскрозахисту БИП-2 для установки перетворювача у вибухонебезпечній зоні. Маркування вибухозахисту "ОЕхІІСТ6" у комплекті з АЦПИ(Р)-4И і БИП-2. Маса перетворювача до 10 кг. Монтаж може бути як настінний, так і штовпний.
Бар'єр іскрозахисту пасивний БИП-2	Забезпечення іскробезпечності перетворювачів ВПТС-6М-Ех, ВПТП-51-Ех, ВПТС-55-Ех, "САПФІР" та інших з уніфікованим струмовим вихідним сигналом 4+20 мА.	Кількість каналів для підключення — 2. Діапазон зміни вихідного сигналу — (0.4+2) В. Параметри іскробезпечності вхідних кіл: напруга холостої ходи — до 25 В; Струм короткого замикання — до 95 мА; припустима ємність лінії зв'язку між виносним перетворювачем і бар'єром іскрозахисту — не більше 0.1 мФ, а припустима індуктивність — до 0.001 Гн. Напруга спрацьовування бар'єра — до 7.5 В. Виконання бар'єру: на один і на два вихідних канали. Забезпечується гальванічне розділення вхідних і вихідних кіл. Придатний для роботи в умовах зміни температур від (-30) до 60°C з відносною вологістю повітря до 80%.

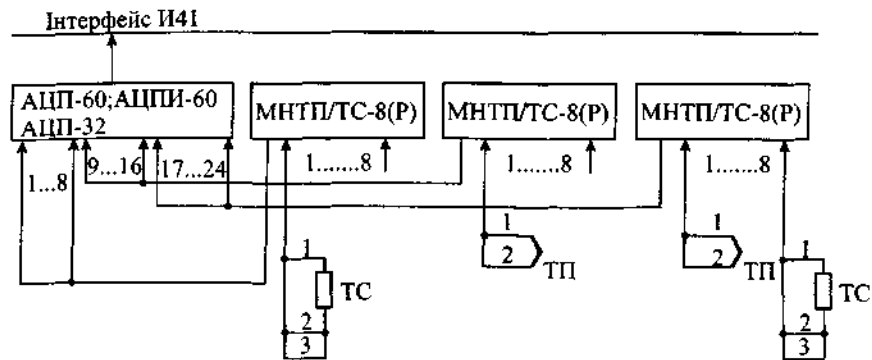


Рис.3.95. Підсистема вводу сигналів низького рівня від термоопорів (ТС) і термопар (ТП) з компенсацією ЕДС холодних спайв.

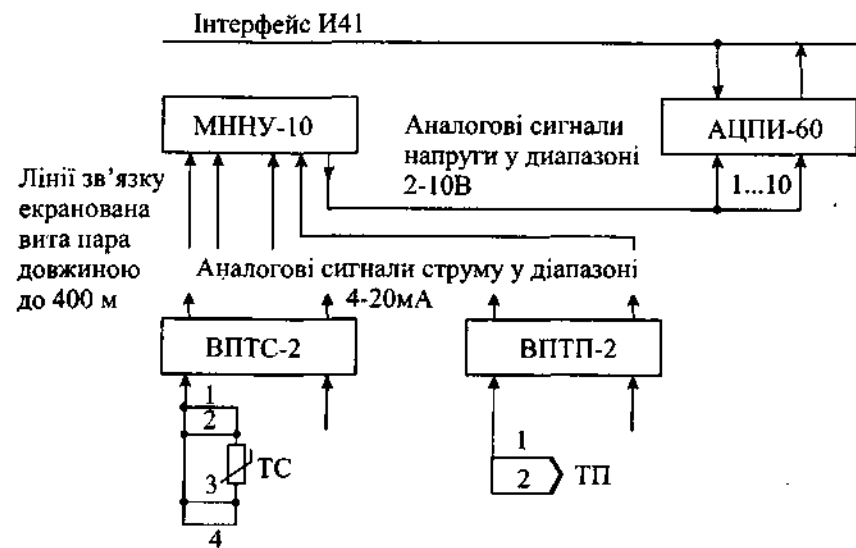


Рис. 3.96. Підсистема вводу сигналів від термоопорів (ТС) і термопар (ТП) з використанням вносних перетворювачів ВПТП-2 і ВПТС-2 з компенсацією ЕДС холодних спайв.

Пристрій МНТП/ТС-16 підключається до контролера за допомогою модулів АЦП-60, АЦПИ-60, АЦП-32 і джерела живлення ИП-29(див. рис.3.100.). Канали з МНТП/ТС-16 на замовлення забезпечуються вибухозахистом завдяки використанню вибухозахищеного варіанту ИП-29И.

У випадку необхідної компенсації ЕДС холодного спаю у кросі встановлюється термоопір, що забезпечує програмне корегування інформації від термопар.

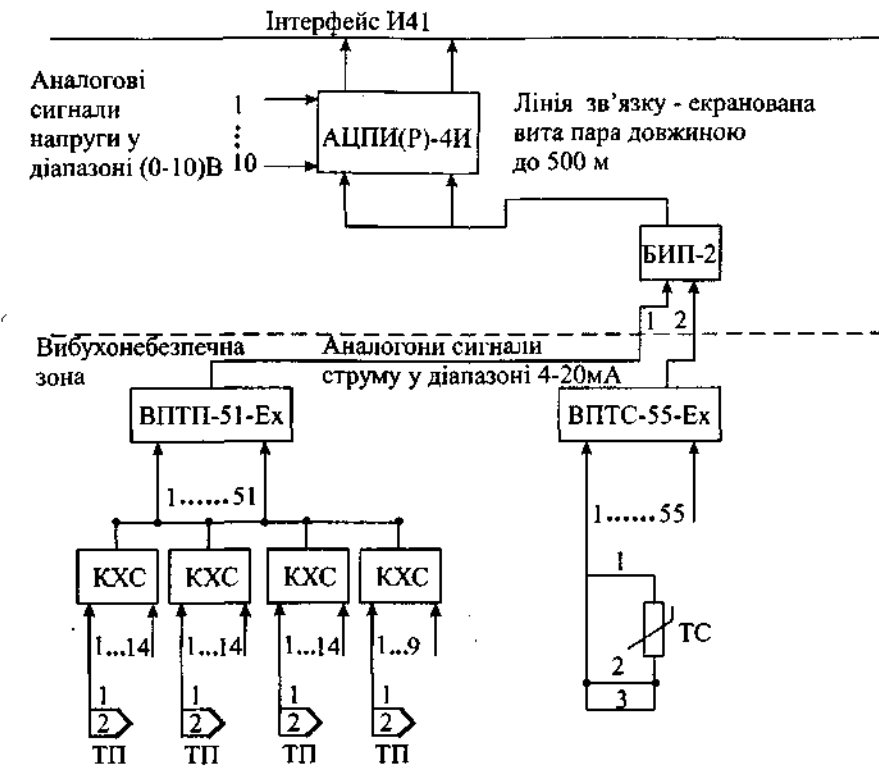


Рис. 3.97. Підсистема вводу сигналів від термоопорів (ТС) і термопар (ТП) з використанням вносних перетворювачів ВПТС-55 і ВПТП-51, розташованих у вибухонебезпечній зоні.

Канали вводу сигналів від термоперетворювачів системи з розподіленою структурою компонується з використанням вносних вимірювальних перетворювачів різних типів: ВПТП-2, ВПТС-2, ВПТП/ТС-5, ВПТС-6М-Ех, ВПТП-51-Ех, ВПТС-55-Ех (див.рис.3.96 – 3.101). Перетворювачі ВПТП-2 і ВПТС-2 підключаються до контролера через послідовно з'єднані МННУ-10 і АЦПИ-60 (рис.3.96). При цьому МННУ-10 виконує функції нормалізації сигналів (гальванічне розділення і перетворення сигналу струму у сигнал напруги) і живлення перетворювачів. Перетворювач ВПТП-2 забезпечує автоматичну компенсацію ЕДС холодних спайв.

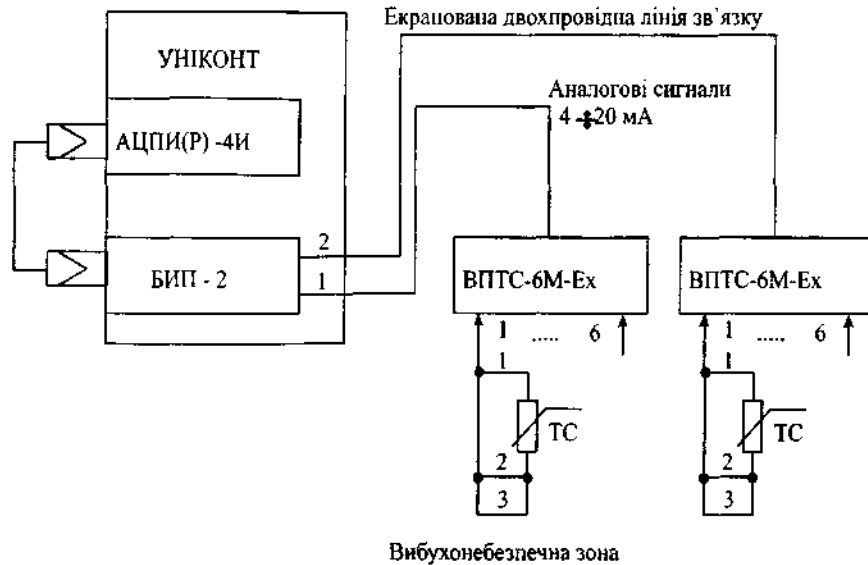


Рис. 3.98. Схема підключення до контролера перетворювачів, розташованих у вибухонебезпечній зоні.

Для систем з великою кількістю термопар чи термоопорів найбільш зручний варіант компонування розподілених каналів з використанням виносних перетворювачів ВПТС-6М-Ех, ВПТП-51-Ех чи ВПТС-55-Ех (див.рис.3.97 - 3.98). Перетворювачі підключаються до контролера через модуль АЦПИ(Р)-4. Підключення датчиків до ВПТП-51-Ех здійснюється крізь коробки холодних спаїв (КХС) під гвинт. У КХС встановлені термопари для вимірювання і уводу температури холодних спаїв. Перетворення інформаційних сигналів у цифровий код здійснюється в АЦПИ(Р)-4, отримана перетворена інформація зберігається у буферній пам'яті, циклічно оновлюється і за запитом процесора видається у контролер. Перетворювачі ВПТС-6М-Ех, ВПТП-51-Ех, ВПТС-55-Ех можливо розміщувати у вибухонебезпечній зоні. У цьому випадку канали компонують блоками БІІП-2, що встановлений у монтажному каркасі контролера, і перетворювачем АЦПИ(Р)-4И. При цьому забезпечується вибухозахист з видом "іскробезпечне електричне коло". Перевага каналів з розподіленою структурою забезпечується кращим захистом від різних завад і меншими витратами компенсаційного кабеля. Виносні перетворювачі можливо безпосередньо підключувати до ПЕОМ згідно схем, наведених на рис. 3.99, 3.101.

Габаритні розміри виносних перетворювачів: ВПТП-2, ВПТС-2, ВПТП/ТС-5М, ВПТС-6М-Ех – 50×155×140 мм; ВПТП-51-Ех, ВПТС-55-Ех – 350×410×180 мм.

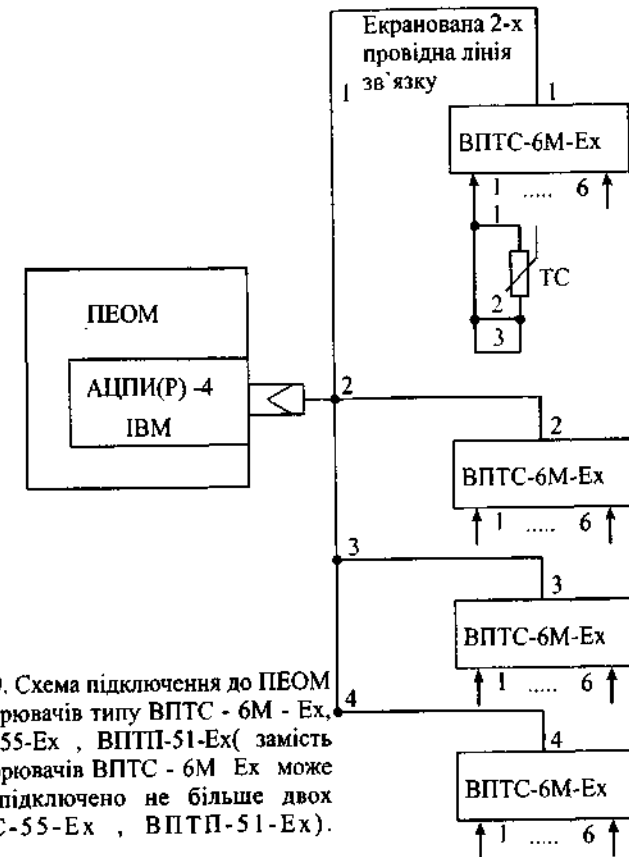


Рис. 3.99. Схема підключення до ПЕОМ перетворювачів типу ВПТС - 6М - Ех, ВПТС-55-Ех , ВПТП-51-Ех(замість перетворювачів ВПТС - 6М Ех може бути підключено не більше двох ВПТС-55-Ех , ВПТП-51-Ех).

Модулі УСО уводу аналогових сигналів змінного струму входять до підсистеми, що об'єднує канали (див.рис.3.102) уводу сигналів від диференційно-трансформаторних датчиків і від трансформаторів, що обертаються. Технічні характеристики модулів наведені у табл.3.30.

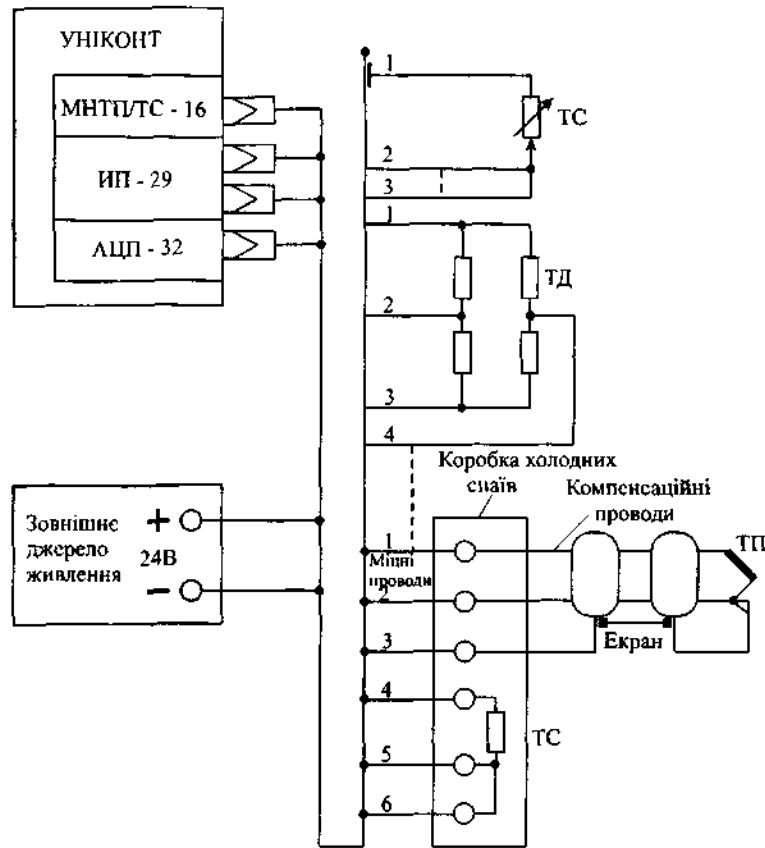


Рис. 3.100. Схема підключення модуля МНТП/ТС-16 до ПТК УНІ-КОНТ: ТД – тензодатчик; ТС – термоопір; ТП – термопара.

Модулі УСО формування дискретних і імпульсних сигналів входять до підсистеми, що об'єднує канали забезпечення комутації (безконтактну чи контактну) кіл керування, а також формування імпульсу чи послідовності імпульсів. Формування дискретних сигналів здійснюється у відповідності з цифровим кодом, прийнятим від процесора, у якому логічний "0" відповідає розімкненому ключу, а логічна "1" – замкненому ключу. Період, тривалість і режим формування імпульсів задаються програмно. Канали підсистеми можуть бути реалізовані різними типами модулів (див.рис.3.103), технічні характеристики яких представлені у табл.3.31.

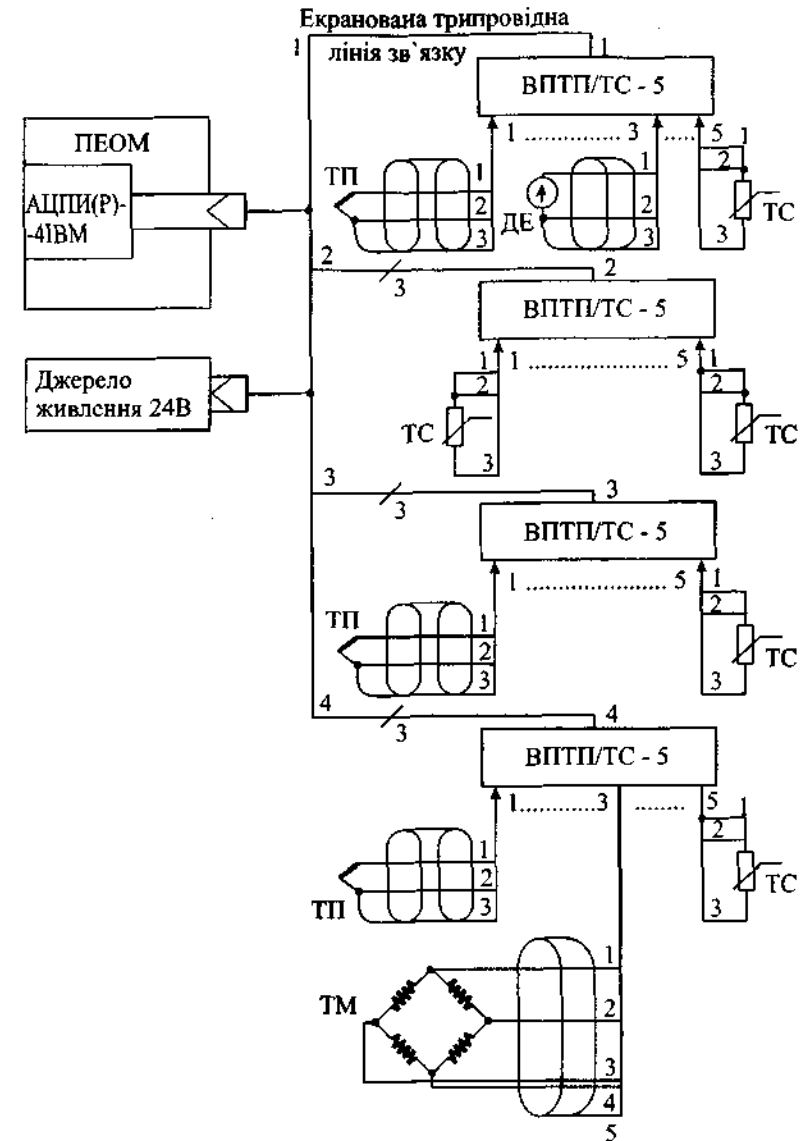


Рис.3.101. Схема підключення до ПЕОМ перетворювача ВПТП/ТС-5: ТМ – тензоміст; ТП – термопара; ТС – термоопір; ДЕ – джерело ЕДС.

Таблиця 3.30. Технічні характеристики пристроїв уводу аналогових сигналів змінного струму.

Найменування і тип модуля	Призначення	Технічні характеристики
Модуль уводу сигналів від диференційних трансформаторів МВДТ-4	Перетворення сигналів від диференційних трансформаторів у цифровий 12-ти розрядний код	Кількість каналів перетворення – 4. Діапазон вхідного сигналу: ± 10 мВ. Частота вхідного сигналу – 50 Гц. Забезпечується гальванічне розділення входів. Час перетворення по кожному каналу – до 40 мс. Частота сканування каналів – 5 Гц. Основна наведена похибка не більше 0,5%.
Модуль уводу сигналів від трансформаторів, що обертаються МВВТ-4	Перетворення сигналів від трансформаторів, що обертаються, у цифровий 12-ти розрядний код (прямий)	Кількість каналів перетворення – 4. Діапазон вхідного сигналу від 0 до 10 В. Частота вхідного сигналу – 400 Гц. Забезпечується гальванічне розділення входів. Змінна напруга живлення обмоток збудження датчиків від перетворювача складає 10 В (амплітудне значення) частотою 400 Гц. Час перетворення не більше одного періоду частоти живлення. Похибка перетворення – до 0,2%.

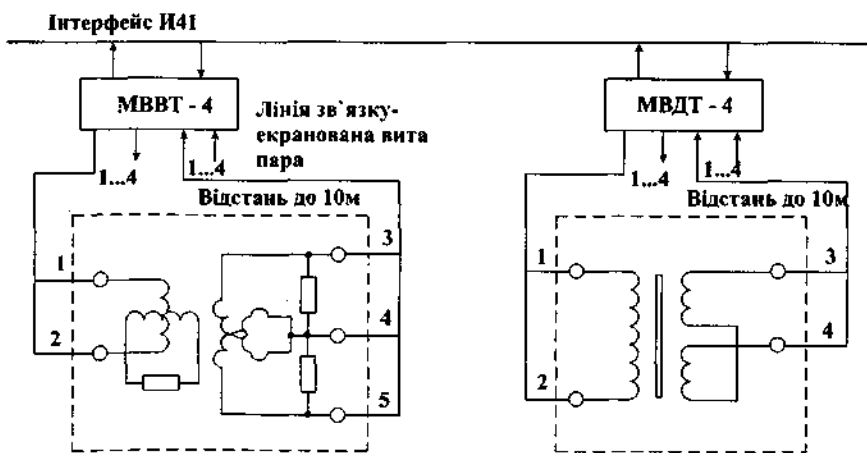


Рис. 3.102. Підсистема уводу аналогових сигналів змінного струму.

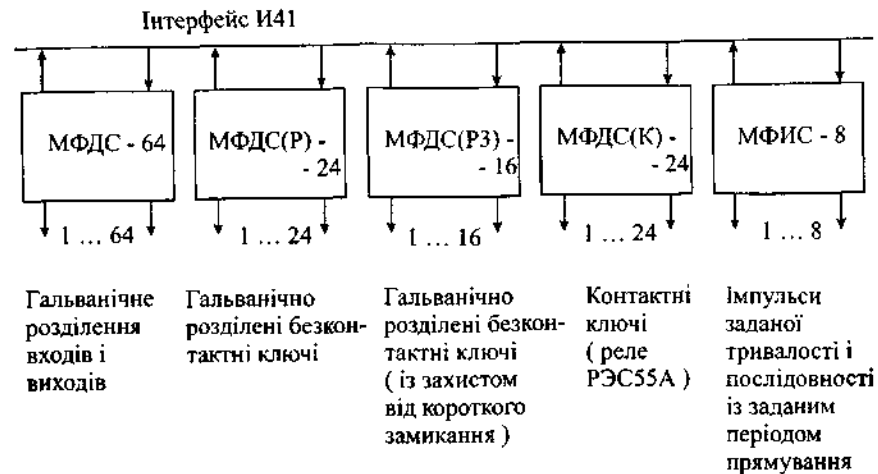


Рис.3.103. Підсистема формування дискретних і імпульсних сигналів.

Таблиця 3.31. Технічні характеристики пристроїв формування дискретних (МФДС) і імпульсних (МФИС) сигналів.

Технічні характеристики	Тип модуля									
	МФДС(Р12)-24	МФДС(Р48)-24	МФДС-64	МФДС(Р36)-16	МФДС(Р312)-16	МФДС(Р324)-16	МФДС(Р348)-16	МФДС(К)-24	МФИС-8	БСП-1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кількість каналів	24	24	64	16	16	16	16	24	8	32
Напруга, що комутується, В	5÷15	12÷48	6÷48	4,8÷7,2	9,6÷14,4	19,2÷28,8	38,4÷50	≤100	≤24	≤30
Струм, що комутується, А	≤0,2	≤0,2	≤0,2	≤0,2	≤0,2	≤0,2	≤0,2	≤0,5	≤0,2	≤0,2

Закінчення табл. 3.31.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Залишкова напруга вихідного ключа (не більше), В	2	2	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	2	-
Час перемикавання (не більше), мкс	50	50	50	-	-	-	-	2мс	-	-
Тривалість імпульсу і період формування імпульсів	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Від 50 до 2147 с

У каналах з модулями, що формують дискретні сигнали, передбачений зворотній зв'язок, за допомогою якого можливо опитувати стан вихідних ключів і контролювати роботоздатність каналів. Формування дискретних вихідних сигналів у блоку зв'язку БСП-1 здійснюється вхідним дискретним сигналом логічного рівня ТТЛ. Блок БСП-1 призначений для керування цифровими вимірювальними приладами і виносними блоками формування потужних дискретних сигналів.

Модулі УСО формування потужних дискретних сигналів призначені для керування силовими виконавчими механізмами і входять до системи, що об'єднує канали з розподіленою структурою, у складі яких використовуються як контактні, так і безконтактні пристрої. Технічні характеристики пристроїв формування потужних сигналів наведені у табл. 3.32 і 3.33.

Керування блоками здійснюється через модулі формування дискретних сигналів. Вибір варіанту каналу визначається параметрами, кола керування, що комутується (див. рис. 3.104).

Габаритні розміри виносних пристроїв формування потужних дискретних сигналів - 80×145×260 мм.

Таблиця 3.32. Технічні характеристики релейних комутаторів (К) блоків реле (БР) і керування краном (БУК).

Тип пристроїв	Призначення	Технічні характеристики
Блок реле БР-8, БР-8П	Комутація сигналів напруги змінного і постійного струму	Кількість каналів - 8. БР-8 містить один замикаючий контакт, а БР-8П - один перемикаючий контакт. Характеристики обмоток реле: номінальна напруга живлення - 24В; напруга відпускання - не менше 2,4В; час вимикання - 10мс; час відпускання - 5мс; споживча потужність - 0,6Вт. Характеристика контактів реле: напруга, що комутується - до 250 В; струм, що комутується для БР-8 - до 5А, а для БР-8П - до 3А; потужність, що комутується, для напруги постійного струму - не більше 384 Вт, а для напруги змінного струму - до 1250 ВА. Електрична міцність ізоляції поміж обмоткою і контактами реле - 4000 В. Керування від модуля МФДС-64 чи МФДС(Р)-24
Виносний комутатор релейний К220/5-16	Комутація силових кіл напруги постійного і змінного струму	Кількість каналів - 16. Напруга, що комутується - (6 + 242)В, струм (при активному навантаженні) - (0,05 + 5)А. Частота комутації при індуктивному навантаженні зі струмом до 300 мА - до 0,3 Гц. Напруга і струм керування - 24 В і (70 + 100) мА. Наявність гальванічного розділення між колами керування і виходами. Керування від модуля МФДС(Р)-24 чи автономне.
Блок керування краном БУК/М	Подача сигналів керування на соленоїди вузла керування краном та формування сигналів положення крану і наявності обриву кіл керування	Кількість каналів - 3. Напруга, що комутується, по колам керування соленоїдами - (187 + 242)В, а по колам контролю - (-24)В. Струм, що комутується, по колам керування соленоїдами - від 0,09 до 0,5А, а по колам контролю - від 0,003 до 0,01А. Вихідний сигнал по каналам відкриття, закриття, змашування - 0 + 1В (лог."0") і 22 + 27В (лог."1"). Вихідний сигнал при струмі навантаження 20 мА: у колі "контроль ізоляції" - 0 + 1В (лог."0") і 22 + 27В (лог."1"); у режимі "місцеве/автоматичне" - 22В; у режимі "робота" - 22В. Час вмикання/вимикання каналів до 5мс. Час неперервної роботи каналів - до 5 хвил.

Таблиця 3.33. Технічні характеристики виносних пристроїв формування потужних дискретних (УФДС) сигналів.

Технічні характеристики	Тип модуля						
	УФДС30/5-8К0	УФДС50/4,5-8	УФДС50/5-8	УФДС50/10-2	УФДС220/1,4-8	УФДС220/2-6	УФДС(П)50/3-8
Кількість каналів	8**	8	8	2	8	6	8
Напруга, що комутується, В:							
постійного струму	24+ 34	0+ 50	5+ 50*	5+ 50*	0+ 242	187+ 242*	-
змінного струму	-	-	-	-	-	-	0+ 50
Струм, що комутується, А	0,002+ 5	0,001+ 4,5	0,001+ 5	0,003+ 10	0,001+ 1,4	0,001+ 2	0,001+ 3
Некерований струм, мА	2	1	1	3	1	1	1
Залишкова напруга, В	2	1	2	2,5	2	2	1
Частота комутації, Гц:							
при індуктивному навантаженні	1	1	1	1	1	1	5
при активному навантаженні	10	5	10	10	5	10	-
Напруга керування, В	24+ 34	5 чи 24	5+ 50	5+ 50	5 чи 24	5	5 чи 24
Струм керування, мА	10+ 15	10+ 15	50+ 100	50+ 100	10+ 15	10+ 15	10+ 15
Керування від модуля	МФДС(Р)-24	БСП-1, МФДС(Р3)-16	МФДС(Р3)-16	МФДС(Р)-24	БСП-1, МФДС(Р3)-16	БСП-1, МФДС(Р3)-16	БСП-1, МФДС(Р3)-16
Поріг спрацьовування захисту від перевантаження за струмом, А	-	-	5,5+ 6,5	13+ 14	-	-	-
Наявність гальванічного розділення між колами керування і виходами	-	+	-	-	+	+	+

Закінчення табл. 3.33.

Технічні характеристики	УФДС(П)220/0,5-5	УФДС(П)220/0,7-8	УФДС(П)220/0,7-16	УФДС(П)220/2-5	УФДС(П)220/2,5-8
Кількість каналів	5	8	16	5	8
Напруга змінного струму, що комутується, В:	187+ 242	0+ 242	0+ 242	187+ 242	0+ 242
Струм, що комутується, А	0,001+ 0,5	0,001+ 0,7	0,001+ 0,7	0,002+ 2	0,001+ 2,5
Некерований струм (не більше), мА	1	1	1	2	1
Залишкова напруга (не більше), В	1	2	2	2	2
Частота комутації при індуктивному навантаженні (не більше), Гц:	1***	5	5	1	1
Напруга керування, В	5	5 чи 24	2 чи 24	5	5 чи 24
Струм керування, мА	10+ 15	10+ 15	10+ 15	10+ 15	10+ 15
Керування від модуля	БСП-1, МФДС(Р3)-16	БСП-1, МФДС(Р3)-16	БСП-1, МФДС(Р3)-16	БСП-1, МФДС(Р3)-16	БСП-1, МФДС(Р3)-16
Наявність гальванічного розділення між колами керування і виходами	+	+	+	+	+
Примітка: пристрої УФДС постійного струму передбачають комутацію позитивного полюса, а також автономне керування; частота комутації пристроїв УФДС і К змінного струму відповідає навантаженню зі струмом до 300мА; * - негативний полюс комутації; ** - наявність контролю ліній зв'язку з навантаженням на обрив і коротке замикання; *** - частота відповідає навантаженню зі струмом до 50мА					

Модулі УСО формування аналогових сигналів входять до підсистеми, що об'єднує канали перетворення заданого цифрового коду у сигнал

напруги чи струму (рис.3.105). Технічні характеристики пристроїв формування аналогових сигналів наведені у табл.3.34.

У складі модулів міститься комутатор зворотного зв'язку, що дозволяє при застосуванні АЦП-60 контролера проводити поточний контроль значення сигналу на виходах модулів формування аналогових сигналів.

Пускачі безконтактні типу ПБ і ПБР призначені для керування асинхронними електродвигунами у системах автоматичного керування технологічними процесами чи автономно як засіб локальної автоматики з ручним керуванням.

Позначення і склад пускачів наведений у табл. 3.35.

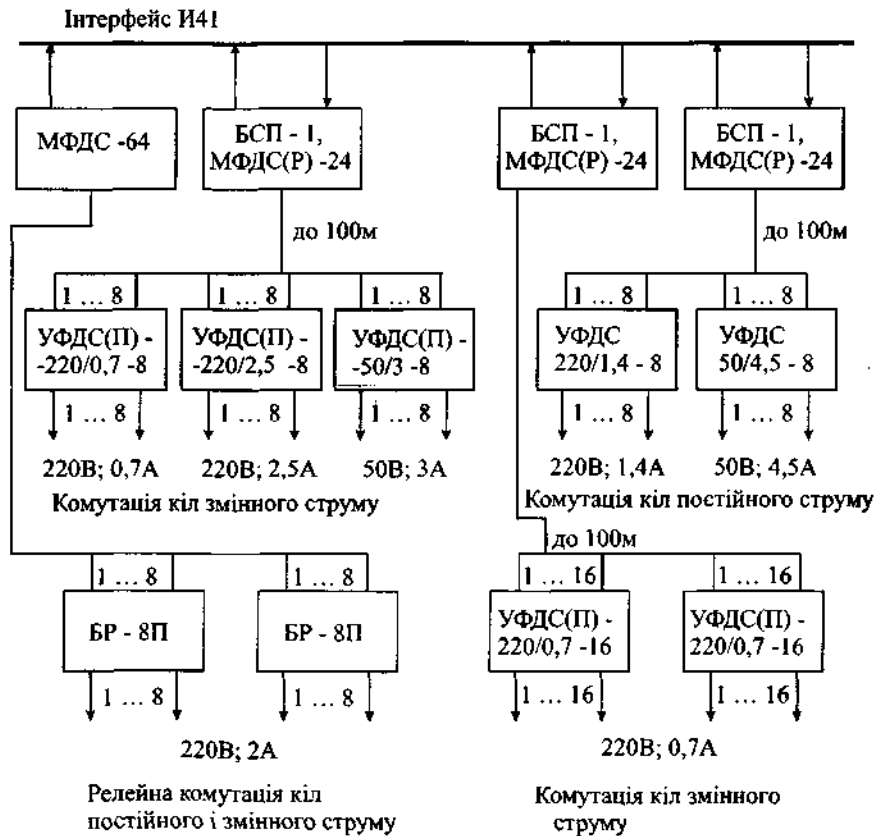
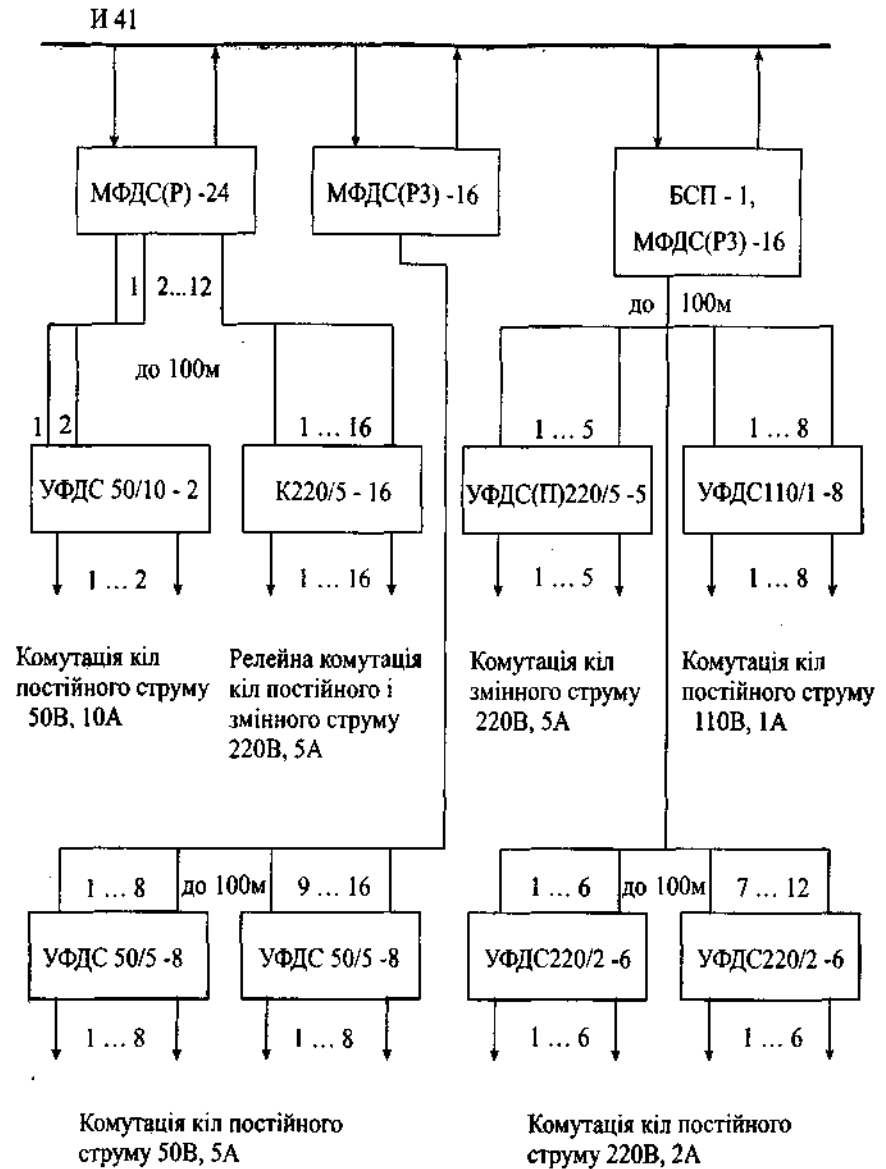


Рис.3.104. Варіанти схем підключення блоків формування потужних дискретних сигналів змінного і постійного струму.



Закінчення рис. 3.104

Таблиця 3.34. Технічні характеристики пристроїв формування аналогових сигналів.

Тип модуля	Призначення	Технічні характеристики
Модуль формування напруги і струму МФНТ-4	Формування напруги і струму у відповідності з 12-ти розрядним цифровим кодом, прийнятим від процесора	Кількість вихідних каналів – 4. Діапазон вихідного сигналу по кожному каналу: (± 10)В; (± 5)мА; (± 20)мА. Час перетворення – до 100мкс. Основна наведена похибка перетворення – 0,1%
Модуль формування напруги МФН(Р)-4	Формування напруги у відповідності з 12-ти розрядним цифровим кодом від процесора	Кількість вихідних каналів – 4. Гальванічне розділення виходів. Діапазон вихідного сигналу – (± 10)В. Час перетворення – до 100мс. Основна наведена похибка перетворення – 0,5%
Модуль формування струму МФТ-4К	Формування струму у відповідності з 12-ти розрядним цифровим кодом від процесора	Кількість вихідних каналів – 4. Діапазон вхідного сигналу – від 0 до 4095. Діапазон зміни вихідних сигналів: 0+5мА; 0+20мА; 4+20мА. Опір навантаження: до 2кОм – для сигналів 0+5мА; до 0,5кОм – для інших сигналів. Час перетворення – до 100мкс. Основна наведена похибка перетворення – 0,1%

Таблиця 3.35. Склад і позначення пускатів.

Тип пристрою	Пусковий струм, А	Кількість фаз, що комутуються	Струм, що комутується, А
Пускач безконтактний:			
ПБ220-1Ф-5	≤ 10	1	5
ПБ220/380-3Ф-5	≤ 10	3	5
ПБ220/380-3Ф-10	≤ 80	3	10
ПБ220/380-3Ф-15	≤ 80	3	15
ПБ220/380-3Ф-25	≤ 80	3	25
Пускач безконтактний реверсивний:			
ПБР220/380-2Ф-5	≤ 10	2	5
ПБР220/380-3Ф-5	≤ 10	3	5
ПБР220/380-3Ф-10	≤ 80	3	10
ПБР220/380-3Ф-15	≤ 80	3	15
ПБР220/380-3Ф-25	≤ 80	3	25

Інтерфейс І41

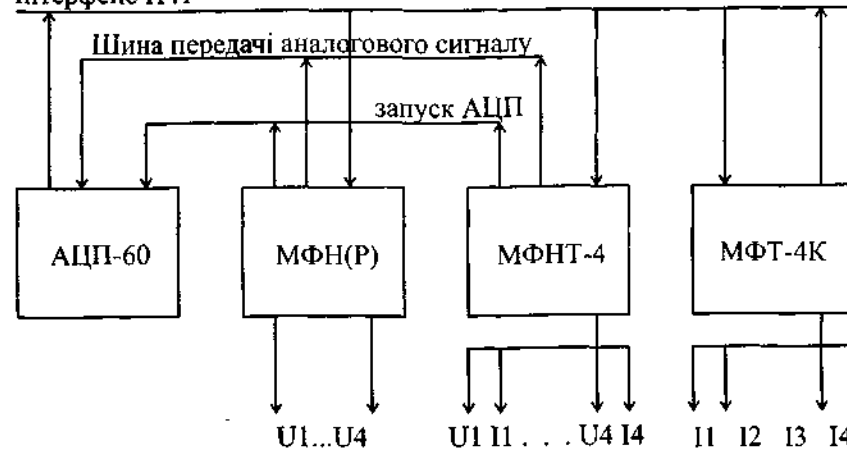


Рис. 3.105. Підсистема формування аналогових сигналів струму і напруги.

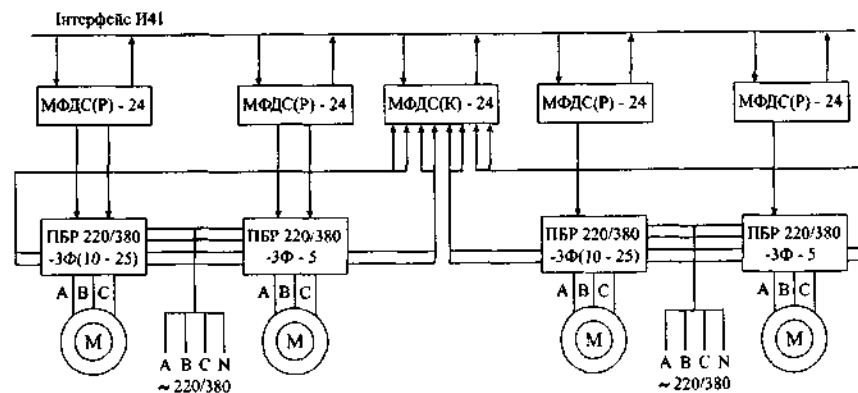


Рис. 3.106. Підсистема керування безконтактними пускатями ПБР.

Пускач забезпечує: вмикання і вимикання електродвигуна з прямою чи реверсивною послідовністю фаз зовнішніми сигналами керування від модуля МФДС(Р)-24 будь-якого типу (див. рис. 3.106), від виносного приладного поста або з пульта пускача; блокування вмикання електродвигуна зовнішніми командами керування з виносного приладного поста чи від

внутрішньої схеми заборони у випадку заклинювання електродвигуна, обриву однієї з фаз живлення, неприпустимо частих пусках електродвигуна; захист і сигналізацію при перевантаженні за струмом ($I_{пер}$) у кожній з фаз (при $I_{пер} > I_{пуск}$ і $I_{пер} > I_{к.з}$); відключення електродвигуна при зникненні чи зниженні напруги мережі, що комутується, за припустимі межі і зберігання відключеного стану при відновленні напруги у мережі; формування дискретних сигналів аварійного і поточного стану пускача; захист виконавчого механізму від миттєвого реверсу; електродинамічне гальмування двигуна з регулюванням тривалості гальмування. Технічні характеристики пускачів представлені у таблиці 3.36.

На корпусі пускача, що передбачає настінний монтаж, розташовані елементи індикації стану і елементи ручного керування наявність і склад яких узгоджується з виготовником.

Технічні засоби для побудови розподілених систем промислової автоматизації призначені: для організації обчислювальних мереж, що об'єднують контролери УК і робочі станції РС зі складу ПТК УНІКОНТ, а також ПЕОМ різного класу; для підключення до УК, РС і ПЕОМ периферійних пристроїв, що виходять на стандартні інтерфейси і мережі ETHERNET, ARCNET, RS-232, ІРПС (струмова петля 20мА).

Локальні мережі ETHERNET і ARCNET, що реалізовані на базі ПТК УНІКОНТ, мають топологію мережі "шина", "зірка", "дерево". У мережі ETHERNET застосовуються стандартні засоби: мережеві адаптери і ретранслятори HUB. Мережеві адаптери встановлюються у ПЕОМ і робочі станції РС-Pentium. Мережі цього типу побудовані за стандартною специфікацією: тонкий кабель, товстий кабель, вита пара. У мережі ARCNET застосовуються також стандартні мережеві адаптери, які встановлюються у ПЕОМ і РС безпосередньо, а у контролери УК через узгоджувачі І41/ARCNET. Технічні характеристики контролерів зв'язку для локальних мереж (мережевих адаптерів) наведені у таблиці 3.37, а активних ретрансляторів (HUB) ARCNET – у таблиці 3.38.

Інтерфейсний зв'язок RS-232 і ІРПС в УК здійснюється як безпосередньо за допомогою центральних пристроїв (процесорних блоків БПр і блоків вводу виводу БВВ-6), що входять до їх складу без додаткових засобів зв'язку, так і через спеціально розроблені модулі і блоки вводу-виводу, характеристики яких наведені у таблиці 3.39.

Вихід ПТК УНІКОНТ на комутусмі і виділені телефонні лінії зв'язку здійснюється через стандартні телефонні модеми (приладне і умонтоване конструктивне виконання). При цьому підключення виносних (приладних) модемів до ПТК УНІКОНТ виконується за стиком RS-232, а умонтованих модемів – за допомогою спеціально розробленого узгоджувача І41/модем телефонний (плата типу Е2).

Таблиця 3.36. Технічні характеристики пускачів

Найменування параметра	Одиниця виміру	Значення параметра
Номинальне значення напруги , що комутується	В	127 чи 220
Струм , що комутується по кожній з фаз ($I_{роб}$): мінімальний	А	0,03
	А	5; 10; 15; 25
максимальний	—	1;2;3
Кількість фаз для комутації	—	1;2;3
Діапазон зміни тривалості гальмувальної дії пускача	с	0 + 0,1
Припустима кількість вмикань	—	до 630 за годину (з довго тривалістю вмикань 25%)
Дискретні входи керування : кількість	—	до 7
рівень вхідного сигналу лог. "0"/лог. "1"	В Ом	від 0 до(-5)/від (-18) до (-36); від 0 до 5 /від 18 до 36; не менше 50000 /не більше 200
Вхідний опір	Ом	понад 10000
Дискретні виходи сигналізації для контактного ключа :		
струм , що комутується	А	0,1
напруга , що комутується	В	36
Дискретні виходи сигналізації для ключа "відкритий колектор"(безконтактний):		
максимальна напруга	В	40
максимальний струм	А	0,01
Міцність гальванічного розділу між силовими колами і колами керування , між силовими колами і корпусом	В	1500
Робочий діапазон температури навколишнього повітря	°С	(-30) + 50
Припустима відносна вологість повітря	%	95
Габаритні розміри :		
при струмі комутації $I_{роб}=5А$	мм	260*80*150
при струмі $I_{роб}=10+25мА$	мм	320*250*150
Припустима вібрація: частота	Гц	до 50
амплітуда	мм	до 35

Таблиця 3.37. Контролери зв'язку для локальних мереж виробництва НВО "КВАНТОР" (м. Северодонецьк).

Найменування показника	Тип контролера зв'язку			
	КСв-9	КСв-10.1	КСв-12*	КСв-16*
Локальна мережа	ARCNET		ETHERNET	
Швидкість передачі, Мбіт/с	2.5		10	
Кількість вузлів у мережі	≤ 255		Не обмежена	
Дальність передачі	600 (точка - точка); 300(шина - 8 вузлів)		180 (точка - точка)	
Лінія зв'язку	Коаксіальний кабель RG-62 (93 Ом)		Вита пара кат.3, коаксіальний кабель RG-59 (50 Ом)	
Кількість каналів зв'язку	2	2	1	1
Системний інтерфейс	ISA	I41		
Робочий діапазон температур	0+70	(-40) + 70	0 + 70	
Конструктив	IBM PC	E2(УК)		
Примітка: E2 - тип плати розміром 220*233,4 мм, що встановлюється у каркасі монтажної шафи УК; * - можливість зв'язку з ПЗУ віддаленого завантаження; усі типи КСв мають гальванічне розділення.				

Таблиця 3.38. Технічні характеристики ретрансляторів мережі ARCNET виробництва НВО "КВАНТОР" (м. Северодонецьк).

Тип ретранслятора	Кількість каналів	Дальність каналу, м	Конструктивне виконання	Габаритні розміри, мм
РА-1	8	600	Приладне	280*200*70
РА-2	5	600		
	1	2000		
РА-3	1	600 4000		290*250*75
РА-4	4	600	Умонтоване у ПЕОМ	190*130*20
РА-5	5	600	Умонтоване в УК	250*240*20
	1	2000		

Таблиця 3.39. Технічні характеристики блоків уводу - виводу виробництва НВО "КВАНТОР" (м. Северодонецьк).

Технічні характеристики	Тип блоку уводу-виводу			
	БВВ-13	БВВ-14	БВВ-15	БВВ-16
Кількість каналів	8	8	8	4
Місце встановлення	ПТК УНІ-КОНТ	ПЕОМ	ПТК УНІ-КОНТ	ПЕОМ
Супрядження (засіб обміну)	RS-232	RS-232	RS-232, ИРПС	ИРПС
Метод передачі	Послідовний, асинхронний			
Тип UART	16C554			
Ємність буфера у кожному каналі, байт	16			
Швидкість передачі, бит/с	11520		11520, 19200	19200
Конструктив	Плата E2	IBM PC (стандарт ISA)	Плата E2	IBM PC (стандарт ISA)

Робочі станції PC Pentium/01, PC Pentium/02 (з одним і двома моніторами) на базі МП Pentium II призначені для компонування робочих місць технолога оператора. Робоча станція вміщує процесор, пристрої уводу-виводу (монітор, клавіатура, друк, зовнішню пам'ять), модулі і адаптери для підключення до обчислювальної мережі. PC розроблені на базі мікропроцесорів Pentium, забезпечують повну програмну сумісність з ПЕОМ типу PC AT, можуть застосовуватись автономно як ПЕОМ і підключатись до обчислювальної мережі у якості робочого місця оперативного персоналу у складі АСКТП різної структури. Застосування PC у якості робочого місця технолога-оператора дозволяє компонувати системи керування з електронними щитами. Потужна програмна підтримка, набір технічних засобів (багатофункціональна клавіатура, відео монітори SVGA) і варіанти конструктивного виконання забезпечують комплектування робочого місця технолога-оператора у відповідності з вимогами окремої системи автоматизації. Технічні характеристики PC зведені до табл.3.40.

У складі PC використовуються умонтовані *багатофункціональні клавіатури КМФ-12 чи КМФ-14*, які становлять собою набір різних клавішних полів і забезпечують увід до PC і ПЕОМ функціональних кодів клавіш. Функціональне призначення клавіш: предметного виклику; оперативних функцій; керування процесом; квітації; системних і сервісних функ-

цій; керування курсором, Enter, Escape. Технічні характеристики клавіатур наведені у табл.3.41.

Таблиця 3.40. Технічні характеристики РС.

Найменування показника	PC-Pentium
Тактова частота, МГц	350
Ємність ОЗУ, Мбайт	256
Вторинний КЕШ, кбайт	512 + 1024
Тип і розміри відео монітору, дюйм	17 ÷ 21
Об'єм зовнішньої пам'яті на жорстких магнітних дисках, Гбайт	10
Об'єм пам'яті на гнучких магнітних дисках, Мбайт	1,44
Інтерфейс зв'язку	Ethernet, Arcnet, RS-232, ІРПС
Умови експлуатації:	
температура навколишнього повітря, °С	5 ÷ 35
відносна вологість повітря, %	90
припустима частота вібрації, Гц	25
припустима амплітуда вібрації, мм	0,1

Таблиця 3.41. Технічні характеристики багатофункціональних клавіатур.

Параметри	КМФ-14	КМФ-12
Кількість функціональних клавіш	60	92
Вид клавіш	Алфавітно-цифрові	Цифрові
Кількість світлодіодних індикаторів	47	57
Інтерфейс підключення до обчислювального комплексу	Послідовний клавіатурний (ІВМ – сумісний); можливість підключення до КМФ за допомогою додаткового роз'єму алфавітно-цифрової клавіатури	
Максимальна відстань від обчислювального комплексу, м	1,5	
Напруга живлення, В	5	
Споживчий струм (не більше), А	0,5	0,7
Габаритні розміри у приладному виконанні, мм	285×205×53	430×240×50
Примітка: живлення КМФ від джерела живлення обчислювального комплексу, до якого підключається КМФ.		

Конструктивне виконання КМФ пилеводозахищене з розташуванням клавіш під лавсановою плівкою. Можуть мати приладне виконання чи вмонтоване у столешницю.

Загальна логічна структура РС і ПЕОМ ІВМ – сумісної наведені на рис.3.107 і 3.108. РС додатково містить годинники реального часу і CD-ROM. РС разом з контролерами УК достатньо надійні і розраховані на цілодобовий режим експлуатації.

Конструктивне виконання РС має вигляд напільної шафи. Габаритні розміри конструктива для РС/01 - 1240×600×1175 мм, а для РС/02 - 1800×1600×1175 мм.

Програмне забезпечення ПТК УНІКОНТ містить базове програмне забезпечення, сервісні і приладні пакети програм (ППП). До складу базового програмного забезпечення контролера УК входять засоби відладки прикладного програмного забезпечення, тестова система, багатозадачний супервізор реального часу і базова система вводу-виводу. Сервісні пакети програм вміщують тестову систему для контролю роботоздатності складових частин УК чи РС, а також вимірювальні програми для контролю метрологічних характеристик каналів зв'язку з об'єктом. Пакети прикладних програм забезпечують реалізацію вимог по контролю і керуванню об'єктів у складі АСКТП. ППП дають можливість будувати автономні АСКТП на підставі одного контролера УК чи ІВМ – сумісної ПЕОМ, а також розподілені АСКТП, що вміщують десятки контролерів УК, ІВМ – сумісних ПЕОМ і робочих станцій, об'єднаних у локальну мережу через СОМ – порти або спеціальне мережне обладнання.

Пакети прикладних програм КВАРЦ, КВАРЦ-Т, КВАРЦ-95 є інтегрованими наборами програмних засобів, що забезпечують за мінімальною участю програмістів конфігурування (настройку у відповідності з потрібними параметрами і режимами), відладку і експлуатацію усього комплексу технологічних і сервісних програм АСКТП на підставі контролерів УК і ІВМ – сумісних ПЕОМ або робочих станцій.

Пакет прикладних програм КВАРЦ дає можливість будувати автономні АСКТП на підставі одного контролера УК чи ІВМ – сумісної ПЕОМ. Він становить собою функціонально повну, узгоджену сукупність понад 160-ти програм, загальний об'єм яких (в EXE - форматі) складає біля 4 Мбайт. Пакет складається з дев'яти підсистем: конфігурування технологічних програм; підготовка і використання рецептур; збору, первинної переробки, контролю технологічної інформації і видачі керуючих дій; відображення і зв'язку з оперативним персоналом; історії технологічного процесу; формування і видачі звітної інформації; багатозадачного супервізора реального часу; початкового запуску і перезапущів пакетів у нештатних ситуаціях.

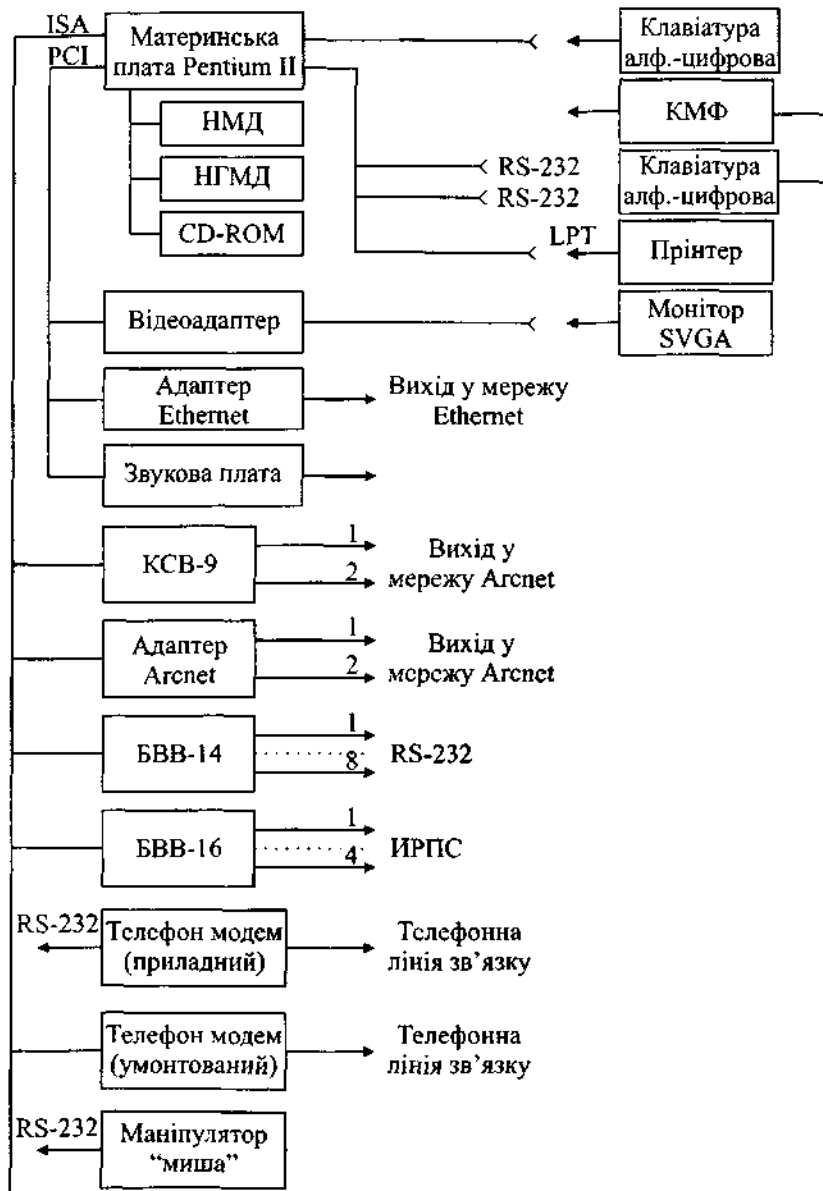


Рис.3.107. Загальна логічна структура робочої станції (PC) на базі МП Pentium.

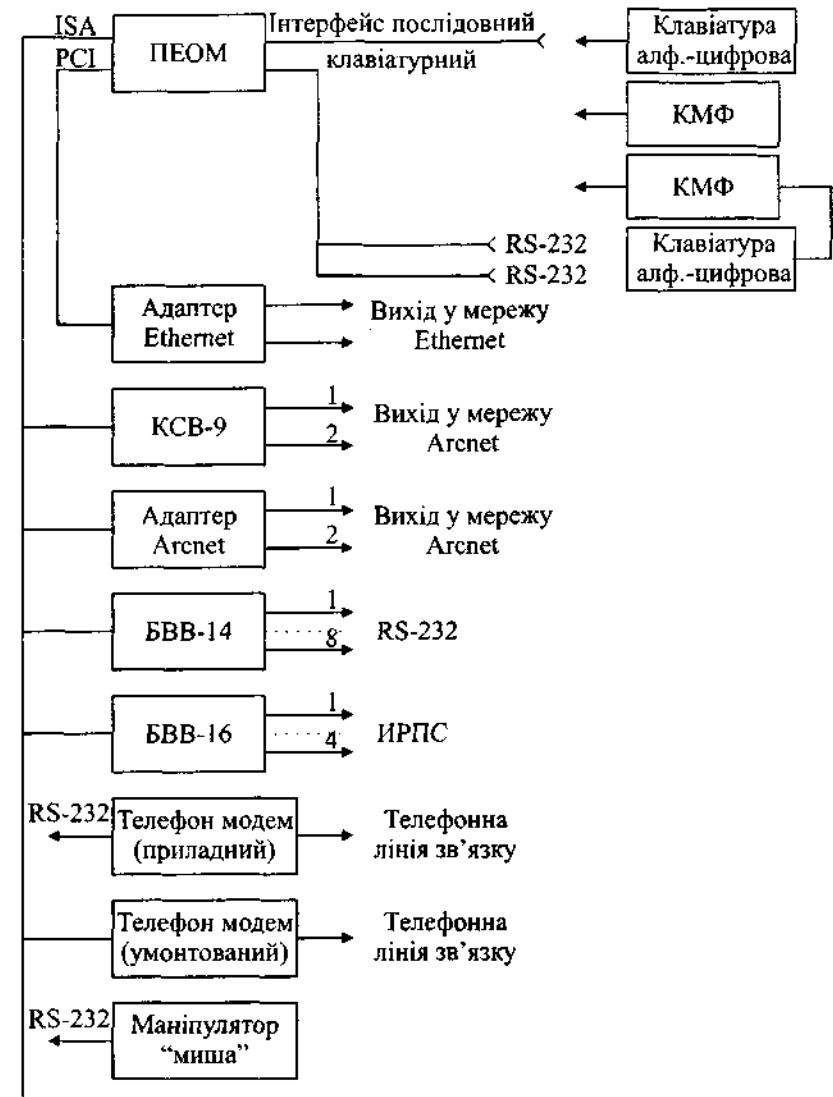


Рис.3.108. Загальна логічна структура ПЕОМ IBM – сумісна.

Мережевий пакет прикладних програм КВАРЦ-Т дозволяє будувати розподілені АСКТП, до складу яких може входити до 255-ти контролерів УК і IBM – сумісних ПЕОМ чи робочих станцій, об'єднаних мережевим

обладнанням ARCNET, ETHERNET або RS-232. Пакет КВАРЦ-Т містить у собі два основних розширення: засоби керування і програмування швидкопротікаючих технологічних процесів Turbo; засоби побудови і функціонування розподілених (мережевих) АСКТП на підставі контролерів УК і IBM – сумісних робочих станцій, об'єднаних у локальну обчислювальну мережу.

Підсистема програмування і керування швидкопротікаючими технологічними процесами Turbo, дозволяє користувачам на додаток до можливостей, що надаються стандартними засобами пакета КВАРЦ, створювати нестандартні програмні послідовності для контролю і керування роботою окремих стадій технологічного процесу. Інформаційні зв'язки бази вводу-виводу з основними підсистемами пакета КВАРЦ-Т представлені на рис.3.109. На цій схемі подвійними вертикальними лініями зображені зв'язки по читанню та запису.

Дискретні і аналогові значення, що вироблені програмними підсистемами Turbo на підставі, зчитаних безпосередньо з модулей вводу даних з об'єкта, можуть передаватись безпосередньо у модулі видачі даних на об'єкт або запам'ятовуватись у базі вводу-виводу для їх наступного використання програмами підсистеми Turbo, чи за допомогою драйвера RMT програмного збору, контролю і керування цього чи інших контролерів. За допомогою спеціальних драйверів можливо підключення до системи УНІКОНТ мікроконтролерів ("Реміконт", "Ломіконт") з технологічними базами даних, несумісних з технологічною базою даних пакета КВАРЦ. При цьому необхідно для обміну значеннями технологічних параметрів за допомогою цього драйвера забезпечити узгодження форматів даних у базі даних пакета КВАРЦ і мікроконтролері.

Завдяки тому, що усі змінні бази вводу-виводу доступні для читання і запису програми збору, контролю і керування, значення цих змінних можуть використовуватись у контурах керування бази даних АСКТП у якості входів. При цьому контури керування можуть записувати у змінні цієї бази вводу-виводу свої вихідні значення. Через базу даних пакета значення змінних бази вводу-виводу можуть використовуватись на мнемосхемах, зокрема, оператор може змінювати або встановлювати через мнемосхеми значення змінних бази вводу-виводу. Подібним чином значення змінних бази вводу-виводу можуть встановлюватись за допомогою рецептур, використовуватись у звітах і реєструватись у файлах історії технологічного процесу. Пакет КВАРЦ-Т дозволяє забезпечувати компонування і функціонування програмного забезпечення мережевих АСКТП різної структури: лінійної, дворівневої, комбінованої (багаторівневої), дубльованої.

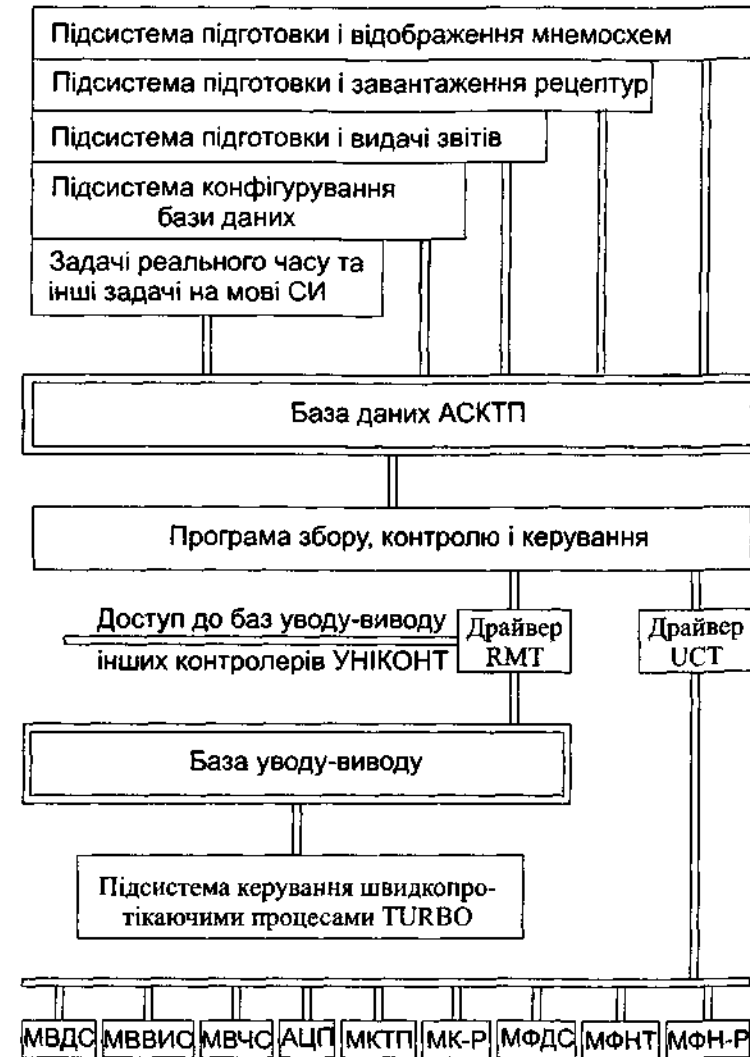


Рис.3.109. Структура інформаційних зв'язків бази вводу-виводу з основними підсистемами пакета КВАРЦ-Т.

Пакет прикладних програм КВАРЦ-95 за призначенням ідентичний попередньому, але розроблений для функціонування під керуванням операційної системи WINDOWS-95. Цей пакет містить у собі всі перелічені вище можливості пакетів КВАРЦ і КВАРЦ-Т, а додатково дозволяє вико-

ристовувати потужні технології ОС WINDOWS-95, пакети прикладних програм Microsoft Office та інше програмне забезпечення. Пакет КВАРЦ-95 забезпечує роботу у мережі усіх контролерів УК і робочих станцій системи УНІКОНТ, але у повному обсязі функціонує на ПЕОМ і робочих станціях, створених на базі МП 486 (Pentium) з оперативною пам'яттю не менше 4Мбайт. Пакет містить у собі наступні складові:

- Операційну систему реального часу з часом реакції контролера на зовнішні події не більше 1мс для задач збору інформації і аналогового керування, і не більше 100 +500мкс для задач логічного керування і реєстрації аварійних ситуацій (у залежності від типу застосованого контролера);

- Бібліотеки типових алгоритмів для конфігурування технологічних програм контролерів у відповідності зі стандартом МЭК IEC 1131 (збору і обробки аналогової і дискретної інформації, регуляторів, логічного керування, послідовного керування);

- Підсистему конфігурування технологічних програм контролерів з бібліотечних алгоритмів і програмних модулів, розроблених на технологічних мовах програмування користувачем. При цьому забезпечуються конфігурування контролерів і відладка технологічних програм як з мережних робочих станцій, так і з ПЕОМ, що підключається безпосередньо до контролера УК.

- Засоби розробки і відладки програм на мовах технологічного програмування IL, ST і графічній мові GL з метою програмування задач логічного, послідовного керування, а також для створення нестандартних технологічних блоків для підсистеми конфігурування. Практично усі елементи цих мов (оператори, функції і функціональні блоки) реалізовані у відповідності з вимогами стандарту МЭК IEC 1131-3 до мов програмування контролерів IL, ST, LD і FBD. В мовах є засоби безпосереднього доступу до модулів УСО. Технологічне програмування та відладка сполучені і проводяться без використання проміжних етапів, таких як компіляція, компонування і завантаження. У реалізованому варіанті час виконання усіх основних операторів цих мов, включаючи оператори роботи з булевими величинами, лічильниками, таймерами, для контролерів на базі МП Intel 80186 і 80386 не перевищують 1мкс;

- Комплекс бібліотеки алгоритмів і програм конфігурування, що дозволяє використовувати пакет КВАРЦ-95 для розробки і експлуатації АСКТП на базі контролерів серії "Реміконт". Цей комплекс програм дає можливість конфігурувати у базах даних контролерів УК контури регулювання контролера Р-130 і забезпечувати їх функціонування сумісно з іншими програмами пакета;

- Мережеву операційну систему для побудови високошвидкісних локальних обчислювальних мереж АСКТП на базі адаптерів типу ArcNet і Ethernet, що припускає підключення до мережі біля 255 контролерів і ро-

бочих станцій. Для побудови високо надійних АСКТП передбачене повне чи часткове дублювання мережних засобів. Є можливість підключення до мережі робочих станцій, що функціонують у MSDOS, WINDOWS-95 і UNIX;

- Мережеве програмне забезпечення для побудови територіально - розсереджених об'єктів, що забезпечує обмін технологічною інформацією по комутуємим і некомутуємим телефонним лініям зв'язку між контролерами і робочими станціями одної АСКТП або між різними АСКТП;

- Програмне забезпечення робочих станцій, що базується на ОС WINDOWS-95 і забезпечує сумісне функціонування у реальному масштабі часу усіх підсистем пакета, а також задач реального часу користувача (розрахунків техніко - економічних показників). Підготовка і відладка задач реального часу для робочих станцій може здійснюватись користувачем на мовах Visual Basic і Visual C. Передбачений доступ на цих мовах до усіх даних і керуючим можливостям усіх контролерів, приєднаних до мережі АСКТП. У контролерах і робочих станціях використовується одне і теж представлення усіх типів технологічних часових і обчислюємих параметрів, сумісне з основними мовами програмування і пакетами фірми Microsoft.

Пакет технологічного програмування "КВАНТОР-М" призначений для розробки, відладки і супроводу високо надійних розподілених АСКТП у різних галузях промисловості на базі контролерів і робочих станцій системи "УНІКОНТ". Цей пакет - комплекс автоматизує роботу по створенню АСКТП, її документуванню і подальшу адаптацію до змінних технологічних умов функціонування. Пакет є інструментом для розробки ПО АСКТП у середовищі QNX і MS DOS, дозволяє виконувати настройку і відладку розробленого ПО АСКТП безпосередньо на об'єкті без посередників - програмістів. Пакет КВАНТОР-М дозволяє реалізувати наступні функції: проектування програм; генерацію тексту програм на мові C++; моделювання і відладку програм; ведення бібліотеки алгоелементів; документування підсумків проектування; ведення баз даних проектів; настройку і відладку програм АСКТП на об'єкті. Структура пакета представлена на рис.3.110. Алгоритм роботи програми у пакеті представляється у вигляді граф-схеми алгоритмів з подальшим їх описанням на багаторівневій графічній мові ПОСТУЛАТ (послідовні схеми технологічних керуючих автоматів), в основу якої покладені принципи побудови і реалізації мов стандарту IEC 1131-3: релейно-контактних схем (LD), функціональних блоків (FBD) і послідовних функціональних схем (FSC). При цьому на рівні послідовного функціонального керування і рівні крокових автоматів застосовується мова FSC, а на рівні програмно-логічних автоматів - мови FBD і LD. Бібліотека алгоелементів шляхом описування на мові C++ може бути легко поширена.

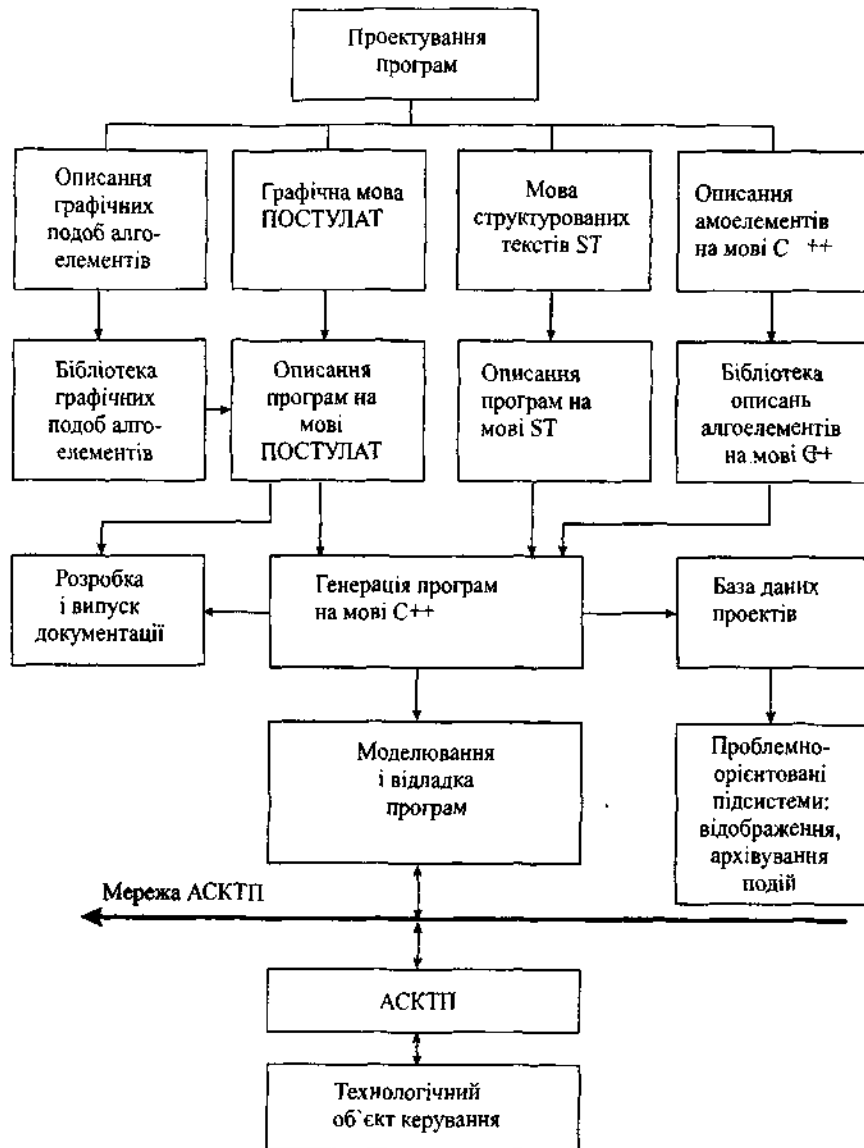


Рис. 3.110. Структура пакета КВАНТОР-М.

Пакет *РЕСУРС-2000* становить собою інтегроване середовище для створення автоматизованих систем обліку, контролю, керування енергоспоживанням, а також для реалізації функцій збору, обробки і зберігання інформації, керування і відображення ходу технологічного процесу у реальному масштабі часу. Пакет реалізує функції локальної низової автоматики та оперативного керування технологічними процесами і дозволяє вирішувати наступні задачі:

- Газопостачання (контроль і реєстрація параметрів; облік витрати стислого повітря, природного газу і технічних газів; керування системами осушування повітря, кондиціонування, компресорними станціями, приточною вентиляцією, газорозподільчими пунктами);

- Теплопостачання (облік витрати холодної води, гарячої води і пари; контроль і керування технологічними параметрами; керування системами кондиціонування і опалення цехів, будівель, котельних, бойлерних, тепло пунктів, приточно-витяжною вентиляцією, тепловими завісами; контроль і стабілізація рівня теплоносія у системах теплопостачання);

- Електропостачання (облік активної і реактивної складових електроенергії; вимірювання електричних параметрів);

- Водопостачання (контроль і реєстрація технологічних параметрів; облік витрати технічної і питної води; керування водяними насосами, помпами, градірнями, водозабірними станціями і артезіанськими свердловинами);

- Охорони, пожежної безпеки, блокувань і захистів (температурний контроль можливих спалахів на об'єкті; сигналізація спрацьовування датчиків; керування системами пожежегасіння; контроль рівня води у пожежних ємкостях; санкціонування доступу до об'єкту; блокування приміщень по об'єкту; ведення протоколу розкриття об'єкту; контроль регламентних границь по датчикам і розрахунковим параметрам витрати ресурсів).

Пакет орієнтований на побудову системи адаптованих до об'єкту за типом мереж зв'язку та технічних засобів обліку і розподілення ресурсів. Дозволяє здійснювати: безперервний багато тарифний облік витрати електроенергії, а також, застосовуючи діафрагменний метод обчислення (за РД 50.213-80), - безпосередній розрахунок у контролері витрати природного і технічних газів; рідин і теплової енергії (для відкритих і закритих систем обліку); контроль параметрів вимірювальних ниток; вирішення проблемно-орієнтованих задач, пов'язаних з безпосереднім аналізом, оцінкою і регулюванням режиму споживання ресурсу абонентами, розподіленими за адміністративним принципом або у відповідності з групами обліку ресурсів по різним звітним періодам (від 5 хвил. до одного року).

Пакет реалізує автоматичне безперервне визначення, а у разі необхідності, оперативне відображення на дисплеї і реєстрацію на принтері

наступних показників: початкової інформації (установок); градієнта, поточних, середніх, мінімальних і максимальних значень; порушень межових значень для вхідних і обчислюємих параметрів; прогнозування на певний інтервал часу витрати ресурсу по абоненту, групі абонентів, ресурсу, групи обліку ресурсів, лічильнику, вимірювальній нитці; порушень, виявлених безперервною діагностикою стану контролерів, інформаційних мереж і ліній зв'язку від датчика до контролера; звітних добових, місячних і кварталних відомостей.

Пакет дозволяє використовувати серійні датчики, лічильники і витратоміри з число-імпульсним і аналоговим виходом чи мережевим інтерфейсом RS232 і RS485. Сполучення функцій обліку енергоресурсів з функціями системи керування виробництвом дозволяє суттєво знизити вартість системи у порівнянні з вартістю двох автономних систем.

Виготовник ПТК "УНІКОНТ" – НВО "КВАНТОР" (м. Северодонецьк).

4. ВИКОНАВЧІ ПРИСТРОЇ

4.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Виконавчі пристрої (ИУ) є складовою частиною будь-якої автоматичної системи регулювання. ИУ різноманітні за принципом дії, конструкції, але усі вони складаються з двох частин: виконавчого механізму (ИМ) і регулювального органу (РО).

Виконавчі механізми перетворюють сигнали регулювального блоку у пропорційне переміщення РО, який переміщуючись, змінює приплив чи стік речовини або енергії для впливу на об'єкт. У залежності від роду енергії, що використовується у ИМ, відрізняють електричні, пневматичні і гідравлічні ИМ. За способом керування ИМ розділяються на контактні з релейно – контакторними блоками керування і безконтактні з регулювальними пристроями безперервної дії на підставі безконтактних реверсивних пускачів. Взагалі ИМ складаються із сукупності наступних елементів: виконавчого двигуна, що є джерелом силового впливу на РО; передаточного чи перетворювального пристрою, що розташовується між виконавчим двигуном та РО і призначеного для отримання визначеної швидкості, напрямку і характеру переміщення РО; кінцевих вимикачів, що служать для обмеження переміщення РО і фіксації його положення у схемах керування і автоматичного регулювання; елементів керування (пускачів, реле, золотників, клапанів і т.п.), захисту (попереджувальних і переливних клапанів, муфт обмеження обертового моменту і т.ін.), сигналізації і контролю (дистанційних показників положення та ін.).

Основними характеристиками ИМ є наступні: номінальне значення обертового моменту на вихідному валу чи перестановочного зусилля на вихідному штоку; максимальне значення обертового моменту чи зусилля; зона нечутливості, у межах якої зміна величини керуючого сигналу не викликає руху ИМ; постійна часу, що характеризує інерційне запізнення початку руху ИМ після надходження на вхід керуючого сигналу; час обертання вихідного валу ИМ чи хода його штоку; величина інерційного вибігу вихідного валу ИМ. При цьому інерційний вибіг чинить суттєвий вплив на якість процесу регулювання, особливо при скороченому ході ИМ. Зменшення вибігу здійснюють встановленням і настроюванням гальмуючих пристроїв.

Електричні виконавчі механізми за принципом дії розподіляються на електромагнітні і електродвигунні, а за характером роботи вихідного органу – на однообертові, багатообертові і поступальної дії. Електромагнітні ИМ найчастіше є двопозиційними елементами, здійснюючими поступаль-

ний рух привідних органів за дискретним принципом „увімкнено - вимкнено“. Усі електромагнітні ІМ розподіляються на дві групи: елементи з котушкою електромагніта, що розрахована на тривале обтікання струмом, і елементи з котушкою, що розрахована на короткочасну дію. Електромагнітні ІМ першої групи спрацьовують (відкривають чи закривають) при надходженні до котушки напруги і відпадають під впливом сили ваги якоря електромагніта чи пружини при відключенні живлення. Електромагнітні ІМ другої групи мають тяговий електромагніт і електромагніт заціпки, які розраховані на короткочасне вмикання.

Електродвигунні ІМ розподіляються на однооборотні (МЭО), багатооборотні (МЭМ) і прямоходні (МЭП). Виконавчі механізми типу МЭО зчленуються з арматурою РО, у якій затвор має обертальне чи поступальне переміщення. ІМ типу МЭМ зчленуються з гвинтовим шпинделем трубопровідної арматури РО, що мають велику площину прохідного перерізу затвору. ІМ типу МЭП і МЭО зчленуються з арматурою у поєднанні з РО, які мають малу чи середню площину прохідного перерізу затвору. Електродвигунні ІМ також можуть бути з постійною і змінною швидкостями переміщення вихідного органу (шток, кривошип, шпindel). ІМ з постійною швидкістю використовуються у сполученні з релейними (імпульсними) регуляторами.

Пневматичні виконавчі механізми за конструкцією приводу, що сприймає командний сигнал стислого повітря від регулювального блоку, розподіляються на мембранні, сильфонні і поршневі. Мембранні пневмоприводи мають два виконання: прямоходні, що застосовуються для керування регулювальними дросельними клапанами і конструктивно об'єднані з ними; важільні, що служать найчастіше для керування поворотними заслінками. Мембранні пневматичні ІМ можуть бути прямої чи зворотної дії, пружинні чи безпружинні. Для підвищення потужності мембранного пневмоприводу і покращання характеристик застосовуються позиціонери.

Поршневі пневмоприводи на відміну від мембранних мають більшу величину переміщення робочого вихідного органу (штока) і більш потужну величину зусилля на вихідному елементі. Конструктивно поршневі пневмоприводи виконуються з циліндром одно- чи двосторонньої дії. Поршневі приводи можуть бути позиційної і пропорційної дії.

Регулювальні органи можуть бути дозуючими і дросельними. До дозуючих РО відносять такі, що змінюють витрату речовини за рахунок зміни продуктивності агрегатів (дозатори, живильники, насоси, компресори та ін.). Дросельні РО становлять собою перемінний гідравлічний опір, що змінює витрату речовини за рахунок зміни свого прохідного перерізу. Регулювальні органи мають велику кількість параметрів, що характеризують їх роботу, основними з яких є наступні: пропускна і умовна пропускна здатність; умовний і робочий тиск; перепад тиску на РО і умовний прохід.

Пропускна здатність K_v ($\text{м}^3/\text{год}$) – це витрата рідини з густиною 1000 кг/м^3 , що проходить крізь РО, при перепаді тиску на ньому 10^5 Па за нормальних умов. *Умовна пропускна здатність* K_{vu} ($\text{м}^3/\text{год}$) – це номінальне значення пропускної здатності РО за максимальної (умовної) ходи затвору S_y . Умовна пропускна здатність залежить від типу РО і розміру його умовного проходу. *Умовним проходом* D_u у РО називають номінальний діаметр проходу у приєднувальних патрубках. Стандартні розміри умовних проходів не розповсюджуються на розміри проходу усереднені корпусу. *Умовний тиск* P_u – це найбільший припустимий тиск середовища на РО за нормальної температури. Міцність металів з підвищенням температури знижується, тому для арматури і з'єднувальних частин слід передбачати максимальний робочий тиск. *Максимальний робочий тиск* – найбільш можливий встановлений тиск середовища на РО при фактичній температурі. Дозволяється перевищення фактичного робочого тиску не більш ніж на 5% понад встановленого для заданої температури. *Перепад тиску* на РО визначає зусилля, на яке розраховують ІМ, а також зношення дросельних поверхонь. Для багатьох видів ІУ, у яких затвор не розвантажений від статичних і динамічних впливів середовища, межево припустимий перепад тиску встановлюють у залежності від потужності ІМ.

Серед характеристик, що ураховують при виборі РО у залежності від конкретних умов їх застосування, відрізняють наступні: пропускна, конструктивна, витратна і негерметичність затвору. *Пропускна характеристика* (ідеальна) встановлює залежність пропускної здатності відносно переміщення затвору S (ход штока) при постійному перепаді тиску. *Конструктивна характеристика* встановлює залежність зміни відносного прохідного перерізу РО від переміщення затвору. Дросельні РО регулювальних клапанів, що серійно виготовляються, профілюються найчастіше з лінійною чи рівновідсотковою (логарифмічною) характеристикою. При цьому регулювальні заслінки не профілюються і мають пропускну характеристику близьку до рівновідсоткової. *Витратна характеристика* встановлює залежність відносної витрати середовища від переміщення затвору у робочих умовах. *Негерметичність затвору* характеризує пропуск середовища при повністю закритому проході РО.

Дросельні РО отримали найбільш широке розповсюдження у АСР. Серед них слід відзначити наступні: заслінкові з поворотними дросельними заслінками (рис. 4.1а); клапанні односідельні (з поступальним переміщенням запірно-регулювального елемента уздовж осі сідла – рис. 4.1б) і двосідельні (з поступальним переміщенням запірно-регулювального елемента уздовж осі двох сідел – рис. 4.1в); клапанні триходові (з поступальним переміщенням запірно-регулювального елемента уздовж осі двох сідел) з корпусом розрахованим на три проходи, через які один потік може розділятися на два чи, навпаки, - два потоки з'єднуються в один (рис. 4.1г);

шлангові із змінним прохідним перерізом пружистого елемента у вигляді відрізка шлангу (рис.4.1д); діафрагмові з поступальним переміщенням центра діафрагми відносно сідла, виконаного у вигляді перегородки в корпусі (рис. 4.1е); заслінкові жалюзного типу (рис. 4.1 ж). Для повного або неповного відкриття чи закриття трубопроводів використовують перекриваючі органи: кранові (рис.4.1 з) і кульові (рис. 4.1и), з поворотом запирного елемента навколо своєї осі; засувочні з переміщенням запирного елемента навколо осі штока приводу (рис. 4.1.к)

Заслінкові РО широко застосовуються у системах автоматичного регулювання компресорних і вакуумних машин та установок, у системах кондиціонування, вентиляції, у криогенній техніці. Великий економічний ефект дає використання заслінкових пристроїв замість клапанних при діаметрах трубопроводу понад 150 мм. Це пояснюється значно меншими витратами тисків у трубопроводах через малі коефіцієнти гідравлічного опору дросельних заслінкових пристроїв. При використанні заслінкових пристроїв на діаметри умовного проходу 500 мм і більше через наявність великих неврівноважених обертальних моментів на валу заслінок необхідно застосовувати приводи великої потужності. Найчастіше використовуються заслінкові РО з діаметром умовно проходу 50÷1000 мм і призначених для тиску 0,6 ÷ 2,5 МПа і перепаду тиску 0,01÷1,6 МПа.

Клапанні РО є найбільш розповсюдженим видом дросельних пристроїв. Регульовальні клапани відрізняються за видом і кількістю опірних поверхонь (одно – і двосідельні), по конструкції затворів (тарілчасті, пробкові і поршневі) і корпусів. Односідельні РО можуть бути прохідними і кутовими. У прохідних РО напрямок потоку середовища при вході і виході не змінюється, а у кутових змінюється при виході на 90° по відношенню до напрямку на вході. Двосідельні клапани виготовляються нормального (типу НО) і зворотного(НЗ) виконання. Недоліком двосідельного РО є відносно велике значення негерметичності затвору. Крім того, при великих перепадах тиску і звичайних конфігураціях дроселюючих поверхонь рух середовища створює великі зусилля на клапан через динамічну неврівноваженість затвору. Односідельні РО застосовують у тих випадках, коли неможливо застосування розвантажених двосідельних РО, у разі необхідності забезпечення герметичності закриття проходу, при малих розмірах проходів (до 15 мм), а також при великих проходах, якщо середовище має велику в'язкість чи містить тверді частинки. При регулюванні потоків з великим перепадом тиску на клапані ($\Delta P > 1,5$ МПа), у разі коли об'єм регульованого середовища при виході з щільності між затвором і сідлом різко підвищується, а також при регулюванні в'язких потоків і середовищ, що містять тверді частинки, слід застосовувати кутові односідельні клапани. Це пов'язано з тим, що вони мають менше „мертвих” просторів для осідання і кристалізації твердих частинок.

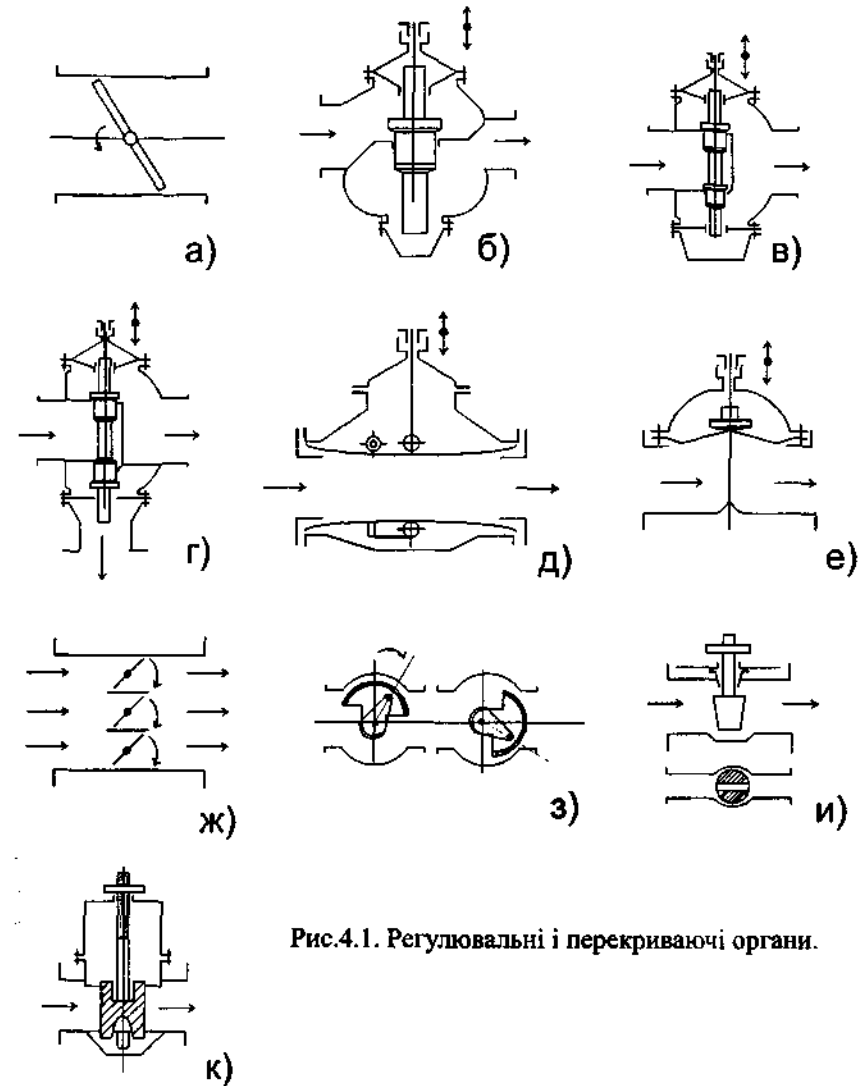


Рис.4.1. Регульовальні і перекриваючі органи.

Тарілчасті затвори мають плоску чи конічну форму запираючої і дроселюючої поверхні. Затвори з плоскою формою найчастіше застосовують як запирні органи або при двопозиційному регулюванні, а з конічною формою – при регулюванні великих витрат. Конструктивна характеристика тарілчастих клапанів має лінійну залежність. Недолік цих затво-

рів – швидке зношення поверхні.

Пробкові затвори становлять собою дроселюючу поверхню, яка має форму поверхні оберту параболі, а запираюча поверхня виконана і вигляді конічних кромек. Пробкові затвори використовують у важких умовах експлуатації при регулюванні витрати в'язких рідин і середовища, що виділяє кристали. Конструктивні характеристики клапанів з пробковим затвором можуть бути будь-якими у залежності від профілю дроселюючої поверхні. Для запобігання швидкого зношення дроселюючої поверхні на ній роблять наплавки твердими сплавами, що забезпечує їх широке застосування у двосідельних РО.

Поршневі затвори мають дроселюючу поверхню, що виконана у вигляді шліців чи різьбових отворів. У першому випадку (шліці) площа прохідного перерізу між затвором і сідлом утворюється сумарною площиною окремих шліців. Застосовують цей тип затворів для регулювання не-в'язких рідин і таких, що не кристалізуються. У затворів з різьбовими отворами кількість отворів підбирають таким чином, щоб з підняттям затвору підвищувалась і сумарна площа прохідного перерізу. У клапанах, призначених для роботи в умовах кавітації, поршневі затвори мають велику кількість різьбових отворів на боковій поверхні поршня. Характеристики конструктивні і пропускні можуть бути будь-якими і легко змінені шляхом зміни профілю шліців.

Триходові клапани РО звичайно застосовують для безперервного і двопозиційного регулювання. При безперервному регулюванні використовують клапани, що розділяють потік чи змішують два потоки. Для двопозиційного регулювання ці клапани застосовують у тому випадку, коли потік почергово направляється то в одному, то в іншому напрямках або коли обидва потоки почергово переміщуються в одному напрямку.

Шлангові РО мають пружисті елементи для зміни витрати середовища. Пружистий елемент – шланг (рис. 4.1д) виготовляють з якісної гуми на основі тканинного армування, що забезпечує високу міцність. При роботі РО два вали, між якими розташований шланг, наближуються чи розходяться у площині, що перпендикулярна осі проходу корпусу. При посуванні донизу верхнього валу, керованого штоком приводу, нижній вал переміщується догори, а при посуванні верхнього валу догори нижній вал переміщується у зворотному напрямку. Шлангові клапани застосовують у якості запірних і регулювальних органів для потоків середовищ, що містять тверді і абразивні частинки. У конструкції шлангових клапанів передбачена можливість зміни зношених шлангів на нові. Найбільш інтенсивне підвищення пропускної здатності відбувається при посуванні штоку від 0 (з положення закриття РО) до 0,25 його максимального значення. На цій ділянці пропускна (витратна) характеристика РО майже лінійна.

Діафрагмові РО застосовуються для регулювання витрат агресивних

рідин і газів. Особливість діафрагмових РО полягає у застосуванні у якості ущільнення і рухливого дроселюючого елемента гнучкої мембрани (діафрагми з резини, фторпласту та ін.), а внутрішня поверхня пристрою футерується кислотостійкими матеріалами (емаль, гума, вініпласт, фторпласт і т.п.). Витратна характеристика діафрагмових РО ідентична шланговим.

Кранові перекриваючі органи містять перекриваючий елемент (затвор), який має форму тіла обертання і обертається навколо власної осі, сквозаючи своєю запираючою поверхнею по запираючій поверхні сідла. Найчастіше використовуються конічні і сферичні затвори. Останні мають суттєві переваги у порівнянні з першими. В них виключена можливість заклинення. Затвор здійснює обертальний рух, а розміри і маса завдяки сферичній (кульовій) формі запираючої поверхні незначні.

Засувні перекриваючі органи містять затвор, що постійно сквозає запираючими поверхнями по запираючим поверхням сідел, які доволі швидко зношуються. Переміщення затвору вимагає великих установочних зусиль. Конструктивна характеристика засувних органів майже лінійна.

При виборі типу, конструкції та розмірів РО і ИМ для роботи їх у конкретних умовах необхідно ураховувати: характер регулюемого середовища (газ, рідина, пар), їх склад і робочі параметри (тиск, температура, густина, в'язкість); максимальна і мінімальна витрати середовища, що проходить крізь РО; крайнє положення, яке повинен зайняти РО (відкрите, закрите) при аварійному відключенні сигналу, поданого до приводу ИУ чи при виході з ладу самого приводу; конструкція РО повинна бути розрахована на максимальний тиск і мінімальну чи максимальну робочу температуру середовища; матеріали основних деталей РО повинні бути хімічно стійкими до агресивних дій з боку середовища; бистродію спрацьовування запірних клапанів. Вибір діаметра умовного проходу і характеристик РО та ИМ проводять розрахунковим шляхом, алгоритм і приклади визначення яких наведені у розд. 5.4.

4.2. ЕЛЕКТРИЧНІ ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ.

До складу електричних виконавчих механізмів звичайно входять наступні елементи: асинхронний електродвигун, редуктор, кінцеві і шляхові вимикачі, датчики положення, гальмуючий пристрій, ручний привід. Електродвигун з редуктором здійснюють перетворення електричної енергії у механічну, достатню для подолання опору середовища з боку регулювального органу. Кінцеві вимикачі використовуються для вмикання пускового пристрою при досягненні РО крайніх положень, тобто виконують захисні функції, а шляхові вимикачі – для обмеження діапазону переміщен-

ня РО у автоматичному режимі. Датчики положення формують сигнал, пропорційний куту повороту вихідного валу ИМ. Цей сигнал надходить до індикатора положення на пульті оператора, а також може використовуватися у системі керування у якості сигналу зворотного зв'язку за положенням РО чи забезпечення потрібного алгоритму регулювання. Гальмуючі пристрої встановлюються у ИМ для зменшення вибігу вихідного валу (штоку) у процесі ставання електродвигуна (після припинення дії керуючих сигналів). Ручний привід передбачений у ИМ для забезпечення можливості переміщення РО у разі виходу з ладу пускового пристрою.

Пускові пристрої призначені для керування ИМ і забезпечують необхідне підсилення потужності керуючих сигналів від регулювальних блоків чи блоків керування у ручному режимі. Пускові пристрої можуть бути контактні і безконтактні. Кожний тип пускового пристрою розрахований на роботу у комплекті з певним типом ИМ. Вхідні кола пускових пристроїв дозволяють використовувати найчастіше два види керуючих сигналів: активний сигнал керування у вигляді постійного чи пульсуючого струму напругою 24 В; пасивний сигнал керування у вигляді замикання відповідних вхідних затискачів за допомогою безконтактних чи контактних ключів. Активний сигнал використовується звичайно при керуванні пусковим пристроєм від релейно – імпульсних регулювальних блоків, а пасивний сигнал застосовується в основному при ручному дистанційному керуванні за допомогою відповідних кнопок чи ключів. Енергія, необхідна для спрацьовування пускового пристрою, в останньому випадку надходить від джерела живлення самого пускового пристрою. Для кожного з розглянутих способів керування використовується трипровідна лінія зв'язку. Один з проводів є загальний, а два інших необхідні для подачі керуючого сигналу у напрямку „менше” і „більше”. Параметри сигналів зв'язку регулювальних блоків, пускових пристроїв і ИМ стандартизовані, що сприяє застосуванню одного і того ж типу ИМ з різними системами регулювальних блоків. Окрім наведених у розд. 3.2. пускових пристроїв ще досить широко застосовуються контактні пускові пристрої типу ПМРТ ПМЕ і МКР, а також безконтактні – ПБР-2 і ПБР-3.

Електричні однооборотні виконавчі механізми з постійною швидкістю застосовуються для переміщення різних РО у системах дистанційного і автоматичного керування. У цих ИМ вихідний орган здійснює обертальний рух у межах 0,25 чи 0,63 оберту.

Механізми виконавчі електричні однооборотні типу МЭО 6,3 призначені для переміщення РО у системах автоматичного регулювання у відповідності з командними сигналами керуючих пристроїв. Застосовуються найчастіше у системах двопозиційного регулювання для переміщення вихідного органу з одного крайнього положення у інше, тобто для роботи за принципом „відкрити - закрити”. Основні модифікації і технічні

характеристики ИМ наведені у табл. 4.1 і 4.2. Цифри у шифрі модифікації відповідно позначають: номінальне значення навантаження на вихідному органі (Н*м); номінальне значення часу ходу вихідного органу (с); номінальне значення ходи вихідного органу (оберт). Наприклад, ИМ з шифром МЭО 6,3/10 – 0,25 має номінальне значення навантаження на вихідному органі 6,3 Н*м (300 Н); номінальне значення часу ходи вихідного органу 10с і номінальне значення ходу 0,25 оберту. Повна хода вихідного органу механізму МЭО складає 0,5 обороту чи 20 мм ходи штоку для механізму МЭО – Ш. Число обертів електродвигуна 2650 за хвилину.

У якості електроприводу у механізмах застосовується самогальмувальний однофазний асинхронний електродвигун з фазозрушувальним конденсатором. Виконавчі механізми можуть мати межевий вимикач ПВ чи блок перемикачів БП у вигляді окремого вузла. Вимикач призначений для здійснення зворотного зв'язку за положенням вихідного органу і електричного обмеження крайніх положень вихідного валу. Блок перемикачів, крім того, служить для сигналізації крайніх положень вихідного органу. Принципові електричні схеми ИМ типу МЭО з межевим вимиканням і з блоком перемикачів наведені на рис. 4.2.

З подачею напруги на клеми 1-2 (див. рис. 4.2.) вихідний орган має обертатись проти годинникової стрілки (вид на механізм з боку вихідного органу). Обертання вихідного органу обмежується кінцевим вимикачем КВ-1 (розмикається коло 2'-3 і замикається коло 9-10), движок потенціометра R буде переміщуватись у бік клеми 14, тобто опір між клемми 14 і 15 буде зменшуватись. При подачі напруги на клеми 1-5 вихідний орган повинен обертатись за годинниковою стрілкою. Обертання вихідного органу обмежується при цьому кінцевим вимикачем КВ-2 (розмикається коло 5'-6 і замикається коло 12-13), движок потенціометра R буде зміщуватись у бік клеми 16, тобто опір між клемми 16 і 15 почне зменшуватись. Механізм має бути підключеним до мережі тільки через контакти електричних обмежувачів переміщення (клеми 3-1, 6-1), при цьому необхідно закорочувати відповідно клеми 2- 2' і 5- 5'.

Режим роботи механізмів повторно-короткочасний реверсивний з числом вмикань до 300 за годину і тривалістю вмикань до 25% при навантаженні на вихідному органі у межах від номінальної протидіючої до 0,5 номінального значення супутнього. Вибіг вихідного органу ИМ при вище наведених умовах навантаження у залежності від часу номінальної повної ходи вихідного органу не повинен бути більше: 1% повної ходи вихідного органу для ИМ з часом повної ходи 10с; 0,5% повної ходи з часом 25с; 0,25% повної ходи з часом 63с. Люфт вихідного органу має бути не більше 1 градуса. Загальний вигляд ИМ типу МЭО-Ш представлений на рис. 4.3.

Таблиця 4.1. Технічні характеристики однооборотних виконавчих механізмів типу МЭО 6.3.

Позначення типу механізму	Тип вимикача	Розривна потужність		Диференційний хід вимикача (не більше), градус	Напруга живлення при частоті 50 Гц, В	Споживача потужність, В*А	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
		електричних обм'язувачів переміщення	електричних вимикачів для блокування і сигналізації					
МЭО 6,3/10-0,25 МЭО 6,3/25-0,25 МЭО 6,3/63-0,25	ПВ	100В*А при $\cos\phi\geq 0,6$	-	-	220В	65	125*185* *275	6
МЭО 6,3/10-0,25П МЭО 6,3/25-0,25П МЭО 6,3/63-0,25П	БП	-	100В*А при $\cos\phi\geq 0,6$	3,6	220В	65	125*290* *275	7
МЭО 6,3/10-0,25Ш МЭО 6,3/25-0,25Ш МЭО 6,3/63-0,25Ш	ПВ	100В*А при $\cos\phi\geq 0,6$	-	-	220В	65	125*290* *275	7
МЭО 6,3/10-0,25ПШ МЭО 6,3/25-0,25ПШ МЭО 6,3/63-0,25ПШ	БП	-	100В*А при $\cos\phi\geq 0,6$	3,6	220В	65	125*290* *275	7

Примітка: П – наявність електричних вимикачів для блокування і сигналізації; Ш – наявність штоку у якості вихідного органу ИМ; при тропічному виконанні до позначення типу ИМ наприкінці додається буква "Т" і цифра "3"

Таблиця 4.2. Технічні характеристики однооборотних виконавчих механізмів типу МЭО за інформацією ЗАО "МЗТА комплект" (м.Москва).

Модифікація	Споживача потужність, В*А	Тип електродвигуна і пускового пристрою	Габаритні розміри, мм	Тип датчика положення ИМ	Маса, кг
1	2	3	4	5	6
МЭО 16/10-0,25-82 МЭО 16/25-0,63-82	80	ДСР-110-2,5-120 і ПМЕ чи ПБР-2М	250x210 x182	БСПИ БСПР	8
МЭО 16/25-0,25-82 МЭО 16/63-0,63-82 МЭО 16/63-0,25-82 МЭО 40/63-0,25-82	60	ДСР-110-1-60 і ПМЕ чи ПБР-2М			
МЭО 40/25-0,25-82 МЭО 40/63-0,63-82	80	ДСР-110-2,5-120 і ПМЕ чи ПБР-2М			
МЭО 100/25-0,25-96	110	ДСР-110-1-120, ДСР-110-2,5-60К, ДСР-110-1-60, ДСР-110-1,5-60 і ПБР-2М			
МЭО 6,3/12,5-0,25-99 МЭО 12,5/25-0,25-99	43	ДСОР-68-0,25-150 і ПБР-2М	180x175 x114	БСПР	3,6
МЭО 16/30-0,25-99 МЭО 25/63-0,25-99	35	ДСОР-68-0,16-150 і ПБР-2М	180x175 x114	БКВ	
МЭО 16/10-0,25-93 МЭО 16/25-0,63-93 МЭО 40/25-0,25-93 МЭО 40/63-0,63-93	110	ДСОР-110-1-136 і ПБР-2М	230x200 x185	БСПИ БСПР БСПТ БКВ	7,6
МЭО 6,3/10-0,25-94 МЭО 6,3/25-0,63-94 МЭО 16/25-0,25-94 МЭО 16/63-0,63-94 МЭО 16/63-0,25-94 МЭО 16/160-0,63-94 МЭО 40/63-0,25-94 МЭО 40/160-0,63-94	70	ДСОР-80-0,25-136 і ПБР-2М	237x220 x185		
МЭО 6,3/25-0,63-94М МЭО 16/63-0,63-94М МЭО 16/160-0,63-94М МЭО 40/160-0,63-94М					

Продовж. табл. 4.2.

1	2	3	4	5	6
МЭО 16/25-0,63-94М МЭО 40/63-0,63-94М	110	ДСОР-110-1-136 і ПБР-2М	237x220 x185	Відсутній	8
МЭО 40/10-0,25-99К	160				8,5
МЭО 40/10-0,25-99 МЭО 40/25-0,63-99 МЭО 100/25-0,25-99 МЭО 100/63-0,63-99 МЭО 250/63-0,25-99 МЭО 250/160-0,63-99	240	ЗДСОР-135-1,6-150 і ПБР-2М	305x315 x345	БСПИ БСПР БСПТ БКВ	27
МЭО 100/10-0,25-99К МЭО 100/25-0,63-99К	250	ЗДСТР-135-4-150 і ПБР-3А чи ФЦ-0610	305x315 x370	БП	27,5
МЭО 250/25-0,25-99К МЭО 250/63-0,63-99К	170				
МЭО 100/25-0,25-99К МЭО 100/63-0,63-99К	250				
МЭО 250/63-0,25-99К МЭО 250/160-0,63-99К	170	ЗДСТР-135-1,6-150 і ПБР-3А чи ФЦ- 0610	305x315 x345	БП	27,5
МЭО 250/10-0,25-92К МЭО 250/25-0,63-92К МЭО 630/25-0,25-92К МЭО 630/63-0,63-92К МЭО 630/63-0,25-92К МЭО 630/160-0,63-92	200	АИР-56А4 і ПБР-3А чи ФД-0614			
МЭО 630/10-0,25-92К МЭО 630/25-0,63-92К МЭО 1600/25-0,25-92К МЭО 1600/63-0,63-92К	490	АИР-56В4 і ПБР-3А чи ФЦ-0610	500x445 x468	БСПИ БСПР БСПТ БП	135
МЭО 1600/63-0,25-92К МЭО 1600/160-0,63-92К	200	АИР-56А4 і ПБР-3А чи ФЦ- 0610			
МЭО 4000/63-0,25К-84 МЭО 4000/160-0,63К-84	700	АИР-56В4 і ПБР-3А чи ФЦ-0610	770x640 x630	БСПИ БСПР БСПТ	270
МЭО 4000/63-0,25К-97 МЭО 4000/160-0,63К-97	900		690x670 x605		
МЭО 10000/63-0,25К-84 МЭО 10000/160-0,63К-84		900	4АА-63В4 і ПБР-3А чи ФЦ- 0610	990x725 x675	

Закінчення табл. 4.2.

1	2	3	4	5	6
МЭО 10/10-0,25-ПВТ4-00	100	ДСТР-116-0,6- ПВТ4 і ФЦ-0620 чи ПБР-3	265x410 x305	БСПР- ПВТ6, БУ-30, БСП- ВТ6	12,5
МЭО 16/10-0,25-ПВТ4-00 МЭО 32/15-0,25-ПВТ4-00	110	ДСТР-116-1- ПВТ4 і ФЦ-0620 чи ПБР-3			13
МЭО 40/10-0,25-ПВТ4-00	170	ДСТР-116-1,6- ПВТ4 і ФЦ-0620 чи ПБР-3			14
МЭО 40/25-0,25-ПВТ4-00	110	ДСТР-116-1- ПВТ4 і ФЦ-0620 чи ПБР-3			13
Примітка: БП – умонтований блок живлення; БСПР, БСПИ, БСПТ, БКВ – блоки сигналізації положення ИМ відповідно реостатний, індуктивний, струмовий та блок кінцевих вмикачів; у позначенні модифікації ИМ перша цифра – номінальний обертальний момент (Н·м), друга цифра – номінальний час повної ходи вихідного валу (с), третя – номінальна повна хода (оберти), остання – рік розробки; живлення здійснюється змінним струмом 220/380, 230/400, 240/415 В, 50Гц.					

Механізми припускають встановлення вихідного органу тільки у горизонтальному положенні і застосовуються в умовах температур навколишнього повітря від 5 до 50 °С з відносною вологістю до 80%.

Виготовник – ВО “Електроприлад” (м. Чебоксари).

Механізми виконавчі електричні однооборотні типу МЭО більш потужні, призначені для переміщення регульовальних органів у системах автоматичного регулювання у відповідності з командними сигналами від релейно-імпульсних регульовальних пристроїв. ИМ мають позначення, згідно якого вказується послідовно три величини: Мкр – номінальний обертальний момент на вихідному валу, Н·м; Тим – номінальний час повної ходи вихідного валу від одного крайнього положення до іншого; Фим – номінальна повна хода вихідного валу, оберти. У табл. 4.2 представлені виконання і технічні характеристики ИМ типу МЭО. Механізми МЭО припускають повторно-короткочасний реверсивний режим з частотою включень до 320 за годину і тривалістю вмикань до 25% при навантаженні на вихідному органі у межах від номінального протидіючого до 0,5 номінального значення супутнього. Пусковий обертальний момент механізмів за номінальної напруги живлення перевищує 0,75 град. Вибіг вихідного валу механізмів при супутньому навантаженні, що дорівнює 0,5 номінального значення, і номінальній напрузі живлення не перевищує 1; 0,5 і 0,25 % повної ходи вихідного валу відповідно для механізмів з часом повної

ходи 10, 25 і 63 с та завбільшки. Максимальна тривалість безперервної роботи механізмів у реверсивному режимі не повинна перевищувати 10 хвил. Мають ручний привод і припускають установку з будь-яким положенням вихідного органу у просторі.

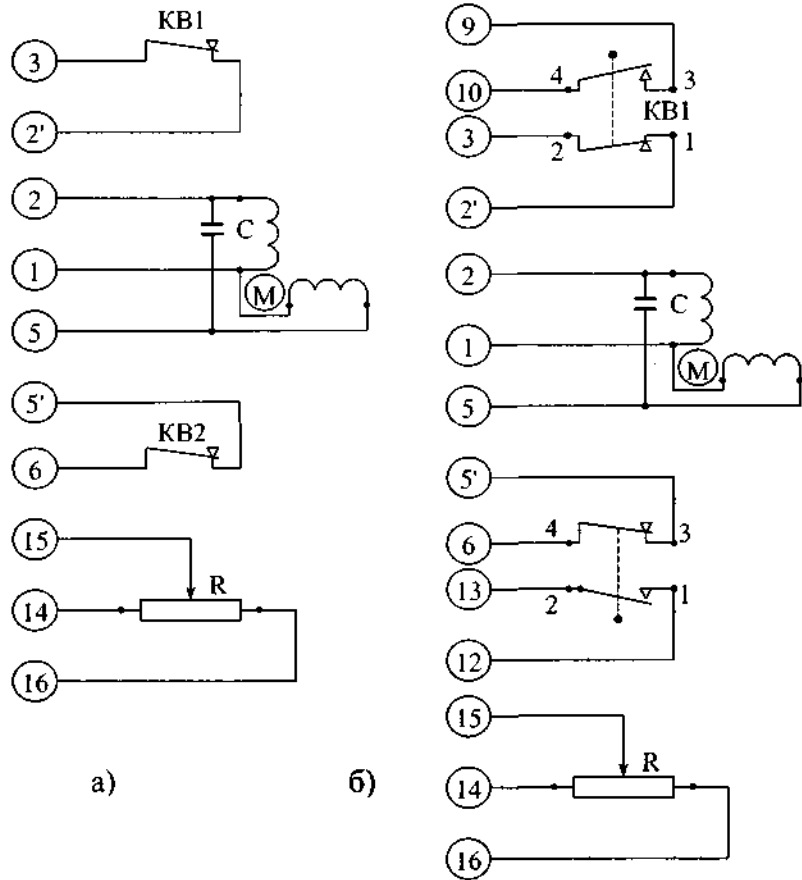


Рис. 4.2. Принципові електричні схеми механізмів з межовим вимикачем ПВ (а) і з блоком перемикачів БП (б).

Застосовуються в умовах температур навколишнього повітря (-30) +50 °С і відносній вологості до 95 %, постійної вібрації з частотою до 30 Гц. і амплітудою до 0,2 мм, наявності пилу і водяних бризок. Механізми не призначені для роботи у середовищах, що містять агресивні речовини, а також вибухонебезпечні суміші.

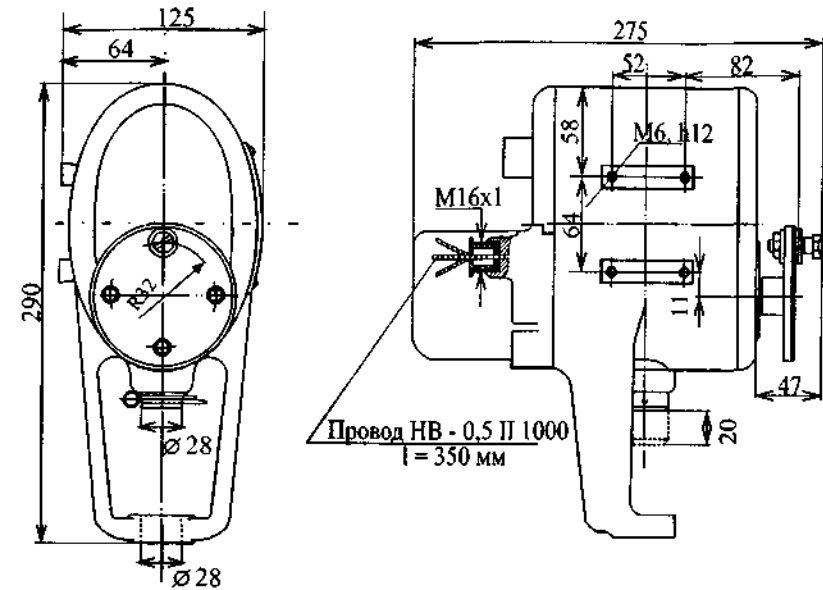


Рис.4.3. Габаритно-монтажні розміри виконавчих механізмів МЗО-III

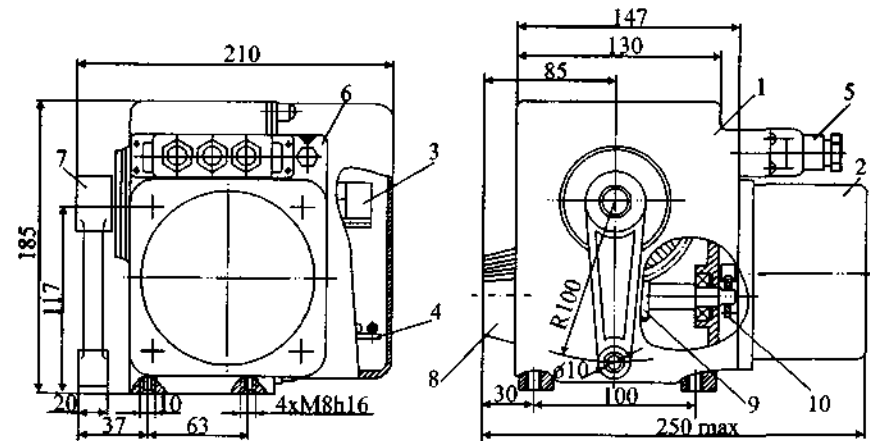
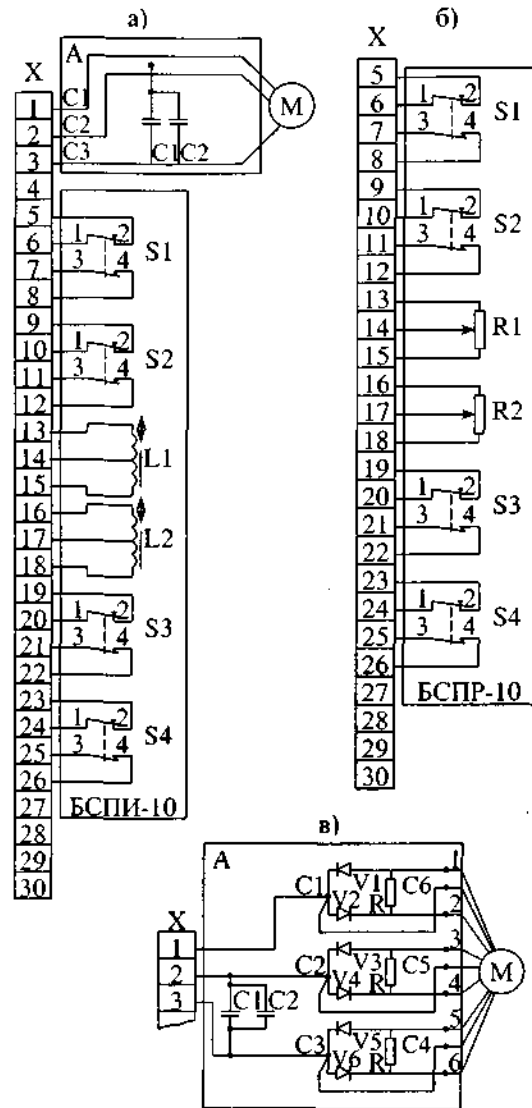


Рис.4.4. Загальний вигляд і габаритно-присудувальні розміри механізму типу МЗО з електродвигуном типу ДСР: 1 – редуктор; 2 – електродвигун; 3 – датчик; 4 – панель; 5 – штепсельний роз'єм; 6 – бовт заземлення; 7 – важіль; 8 – ручний привід; 9 – черв'ячна пара; 10 – зубчаста циліндрична пара.

У механізмах типу МЭО Севанського заводу використовуються синхронні електродвигуни типу ДСР зі швидкістю обертання вихідного валу 60 і 120 об/хвил та потужністю 4 і 10 ВА. Рух від електродвигуна передається на вихідний вал через зубчасту циліндричну і черв'ячну передачу редуктора. У механізмах блоки сигналізації положення можуть бути індуктивні БСПИ-10 чи реостатні БСПР-10 і служать для перетворення положення вихідного органу механізму у пропорційний електричний сигнал, а також для сигналізації і блокування у крайніх чи проміжних положеннях вихідного валу. До складу кожного блоку входять два основних вузли – блок мікроперемикачів і вузол датчика. Загальний вигляд, габаритні і приєднувальні розміри ІМ типу МЭО з двигуном ДСР наведений на рис. 4.4, а принципові електричні схеми механізмів – на рис. 4.5.

Рис. 4.5 Електрична принципова схема механізмів типу МЭО: а – з блоком БСПИ-10 і електродвигуном типу ДСР-10/120; б – схема блоку БСПР-10; в – схема підключення електродвигуна ДСР-4/60 чи ДСР-10/60; М – електродвигун; X – вилка РП10-30; S1 ÷ S4 – мікроперемикач; А – панель.



Електричну частину механізму складають: електродвигун М; панель А з резисторами, діодами і конденсаторами; блок сигналізації положення БСП. Блок БСПИ містить індукційний датчик L, виконаний у вигляді соленоїдних котушок, у середині яких пересувається плунжер. При повороті вихідного валу механізму рух через механічну систему передається на плунжер, що призводить до зміни повного опору котушок. При включенні котушок датчиків у мостову схему із зміною опору цих котушок з'являється вихідний сигнал мостової схеми, який буде пропорційним відповідному положенню плунжера, а отже й положенню вихідного органу механізму.

У блоці БСПР-10 замість індуктивного датчика міститься два реостати R1 і R2 із струмознімачами і контактними кільцями. Параметри живлення: для блоку БСПИ-10 – змінний струм напругою 12 В частотою 50 чи 60 Гц; для блоку БСПР-10 – постійний струм напругою 12 В. Основна похибка блоку БСПИ-10 до 2,5 %, а блоку БСПР-10 до 1,5 % від максимального значення вихідного сигналу. У механізмах можуть бути застосовані блоки датчиків БДИ-6 чи БДР-П, які принципово не відрізняються від розглянутих блоків БСП. Подача напруги живлення на затискачі 1, 2 призводить до обертання двигуна М в один бік, а при подачі напруги живлення на затискачі 1, 3 – в інший бік.

Електричні мікроперемикачі S1-S4 служать для обмеження переміщення вихідного органу, а також для блокування та сигналізації. Зовнішні з'єднання здійснюються мідними проводами перерізом до 1 мм² через штепсельний роз'єм X.

Механізми типу МЭО виробництва МЗТА складаються з наступних основних вузлів: електроприводу, редуктора, штуцерного уводу, блоку сигналізації положення чи блоку кінцевих вимикачів. Редуктор є основним вузлом, в якому встановлюються усі інші вузли механізму. У корпусі редуктора розміщується черв'ячна передача, особливість якої полягає у властивості самогальмування, що значно підвищує експлуатаційну надійність механізму. Однак низький КПД черв'ячних пар вимагає застосування більш потужних електродвигунів – асинхронних трифазних низькооборотних типу ДСТР.

Для підключення зовнішніх електричних кіл до механізму застосований роз'єм, що розміщений у штуцерному уводі. Схеми електричних принципів і схеми підключення механізму наведені на рис. 4.6 і 4.7.

На механізми (див. рис. 4.6) може бути встановлено один з блоків сигналізації положення: струмів БСПТ-10 чи індуктивний БСПИ-10, реостатний БСПР-10 чи блок кінцевих вимикачів БКВ. Керування механізми може бути як безконтактне, так і контактне (див. рис. 4.7). Електричне живлення винесеного блоку БП-10 здійснюється однофазним струмом напругою 220 (230, 240) В з частотою 50 Гц чи 60 Гц.

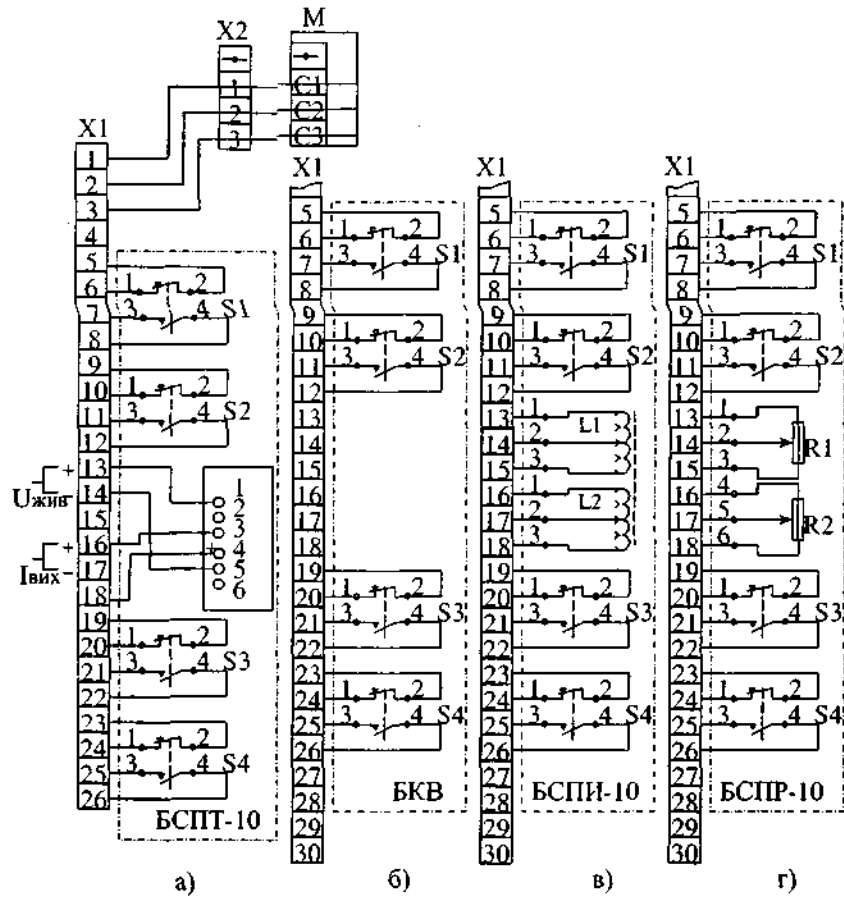


Рис. 4.6. Принципові електричні схеми підключення механізму МЗО з електродвигуном (М) типу 2ДСТР: а – з блоком БСПТ-10; б – з блоком БКВ; в – з блоком БСПИ-10; г – з блоком БСПР-10; д – діаграма (пропонуєма) настроювання мікровимикачів для обмеження у крайніх і сигналізації у проміжних (А, В) положеннях (контакти замкнені); X1 – вишка типу РП-10-30; X2 – колодка клемна; S1÷S4 – мікровимикач.

Позначення	Номер контакту	Діапазон настроювання, повний хід, %			
		0	А	В	100
S1	1-2	-----	-----	-----	-----
	3-4	-----	-----	-----	-----
S2	1-2	-----	-----	-----	-----
	3-4	-----	-----	-----	-----
S3	1-2	-----	-----	-----	-----
	3-4	-----	-----	-----	-----
S4	1-2	-----	-----	-----	-----
	3-4	-----	-----	-----	-----

д)

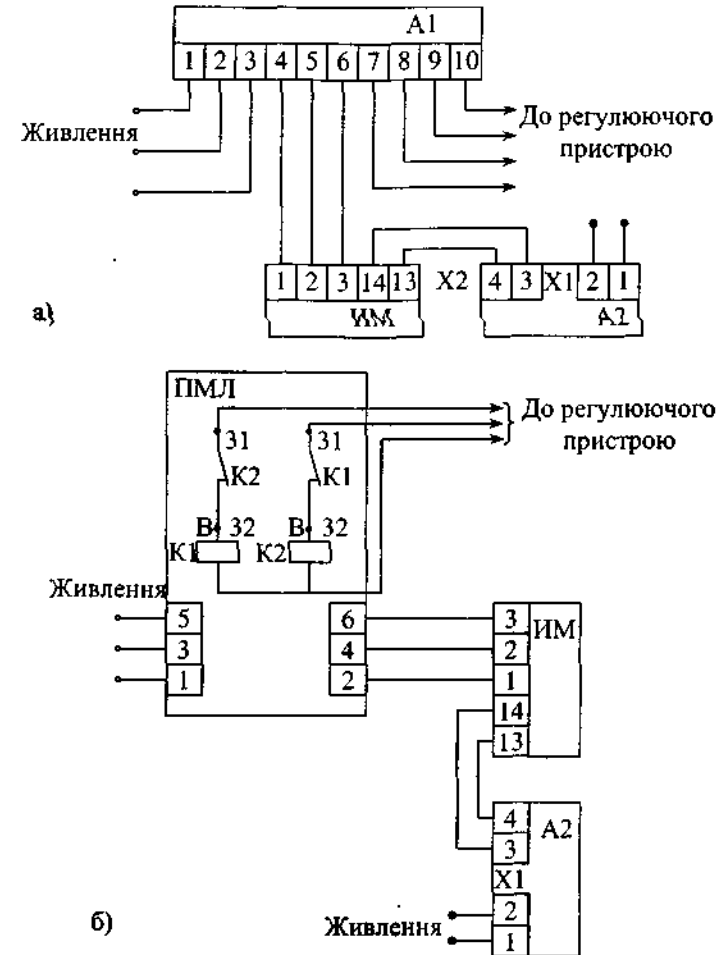


Рис. 4.7. Схеми підключення механізмів типу МЕО при безконтактному (а) і контактному (б) керуванні: А1 – підсилювач тиристорний трипозиційний ФЦ-0620; А2 – блок живлення БП-10 (тільки для механізмів з БСПТ-10); ПМЛ – пускач електромагнітний.

Диференційний хід електричних обмежувачів переміщення вихідного органу і вимикачів для блокування і сигналізації не перевищує 4% повної ходи вихідного органу.

Електричні виконавчі механізми прямоходні призначені для прямолінійного переміщення з постійною швидкістю регульованих органів

у системах автоматичного і дистанційного керування. У механізмах прямоходних, як і в МЭО, встановлені блок датчиків зворотного зв'язку і мікровимикачі, є маховик для ручного керування регульовальним органом. Обертальний механізм, що утворений швидкісним і силовим редукторами, працює у межах повної ходи від 0,25 до 4 обертів вихідного валу. При цьому прямоходний вихідний орган становить собою шарикову гвинтову пару, яка перетворює обертальний рух вихідного валу швидкісного редуктора у поступальний рух штоку. Технічні характеристики механізмів типу МЭП і ЕСПА наведені у табл.4.3.

Механізми типу МЭП призначені для роботи при температурі навколишнього повітря від (-30) до 50°C чи від (-10) до 155°C і відносній вологості до 95%, а механізми типу ЕСПА – при температурі від (-20) до 50°C і відносній вологості до 80%.

Живлення механізмів МЭП здійснюється трифазним змінним струмом напругою 220/380 В чи 240/415 В частотою 50 Гц, а також 220/380 В частотою 60 Гц. Живлення механізмів ЕСПА від однофазної мережі змінного струму напругою 220 В з частотою 50 Гц. Загальний вигляд механізму ЕСПА наведений на рис.4.8, а схема зовнішніх підключень – на рис. 4.9.

Виготовник – ВАТ “Прибор” (м. Курськ).

Електричні багатооборотні виконавчі механізми призначені для дистанційного, місцевого і автоматичного керування трубопровідною запірною арматурою (засувкою, вентилям, заслінкою і т.п.) і становлять собою електромеханічний привід, що складається з електродвигуна, понижуючого кількість обертів механічного редуктора і низки допоміжних пристроїв. Незважаючи на конструктивні і схемні різниці, усі ці ИМ взагалі дозволяють здійснювати: дистанційний чи автоматичний пуск електроприводу за допомогою пускових кнопок “відкрити” і “закрити” чи через контакти блокувальних реле; зупинку електроприводу у будь-якому проміжному положенні РО за допомогою кнопки “стоп” чи відповідних контактів блокувальних реле; автоматичну зупинку електроприводу при надмірному зростанні обертального моменту, що можливо при відмові путьових вимикачів чи заїданні рухливих частин приводу чи робочого органу; дистанційну світлову сигналізацію крайніх положень РО; місцеве визначення положення РО у певний момент за допомогою стрілкового покажчика, що є на коробці путьових вимикачів; дистанційне показання будь-якого проміжного положення РО за допомогою покажчика положення, датчик якого може бути встановлений на коробці путьових вимикачів; електричне блокування певного електроприводу з іншими механізмами і агрегатами; ручне керування електроприводом за допомогою маховика на випадок тимчасового припинення подачі електроенергії.

Таблиця 4.3. Технічні характеристики механізмів МЭП і ЕСПА.

Модифікація	Словивча потужність, В*А	Тип електродвигуна і керуючого пристрою*	Тип датчика положення ИМ	Габаритні розміри, мм	Маса, кг		
МЭП 16000/200-100-00 МЭП 20000/240-120-00	300	АИР 56В4 і ФЦ-0626	БСПР	330x325 x848	30		
МЭП 25000/340-170-00				330x325 x948			
МЭП 25000/60-30-99				330x325 x720	25		
МЭП 25000/100-50-99							
МЭПК 800/25-20-99 МЭПК 1250/63-40-99	45	ДСОР-68-0,16-150 і ПБР-2М	БСПР (здвоєний резистор), 4 мікровимика- БЖВ	200x185 x352	5,2		
МЭПК 1600/125-40-99		ДСОР-68-0,25-150 і ПБР-2М					
МЭПК 2500/125-20-99							
МЭПК 6300/50-40-99 МЭПК 6300/50-60-99	110	ДСОР 110-1-136 і ПБР-2М	БСПИ, БСПР, БСПТ, БКВ	240x240 x475	10		
МЭПК 6300/50-40-II ВТ4-00 МЭПК 6300/50-60-II ВТ4-00		ДСТР-116-1-II ВТ4 і ФЦ-0626		БСПР-II ВТ6 БУ-30		306x375 x535 306x375 x555 306x375 x453 306x375 x473	17
ЕСПА 02 ПВ		ЕОРКП 041/4 і ПБР-2М		Реостатний, БКВ		286x546 x180	

Примітка: БСПР, БСПИ, БСПТ, БКВ – блоки сигналізації положення ИМ відповідно реостатний, індуктивний, струмовий, та блок кінцевих вимикачів; у позначенні модифікації ИМ перша цифра – номінальне зусилля на штоку (Н), друга цифра – номінальний час повної ходи штоку (С), третя цифра – повний хід штоку (мм), остання цифра – рік розробки; технічні характеристики ИМ типу ЕСПА – номінальне зусилля на штоці 1600 Н, час повної ходи може змінюватись у залежності від встановленої швидкості переміщення (10, 16, 25, 40 мм/хвил), повний хід штоку настроюється у межах 10-63 мм; * можливе застосування іншого керуючого (пускового) пристрою за умов узгодження технічних характеристик.

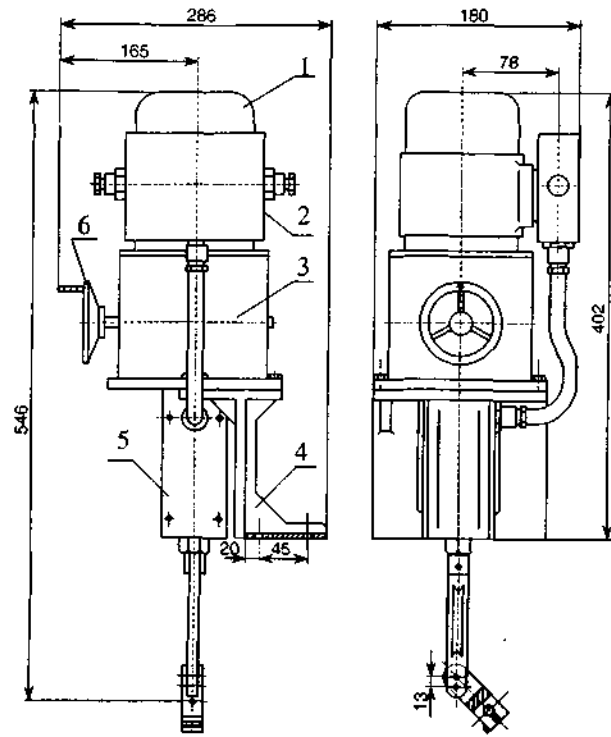


Рис. 4.8. Габаритні розміри механізму типу ЕСПА: 1- електродвигун; 2 – розподільча коробка; 3 – редуктор; 4 – стійка; 5 – керуюча коробка; 6 – ручний дублер.

Слід відзначити, що найчастіше багатооборотні ІМ є пристроями позиційної дії, і лише ІМ типу МСМ, які забезпечені датчиком зворотного зв'язку по положенню вихідного валу, можуть бути застосовані в автоматичних системах для реалізації П-, ПІ-, і ПІД- законів регулювання.

Багатооборотні ІМ типів М, А, Б, В, Г і Д відрізняються поміж собою величиною максимального обертового моменту, конструкцією редуктора, способом обмеження припустимого моменту на приводному валу, габаритними і присднувальними розмірами та деякими іншими конструктивними особливостями. По способу обмеження обертового моменту ІМ усіх типів розподіляються на приводи з однобічною муфтою, що діє тільки при роботі приводу у бік закривання арматури, і двобічною муфтою, що діє як у бік закривання, так і відкривання арматури. Спосіб обмеження за допомогою електромеханічної муфти забезпечує необхідну

щільність закриття запірних вентилів, а також захист запірної арматури від поломки при заїданні шпинделя, відмові кінцевого вимикача чи попаданні в арматуру стороннього предмета.

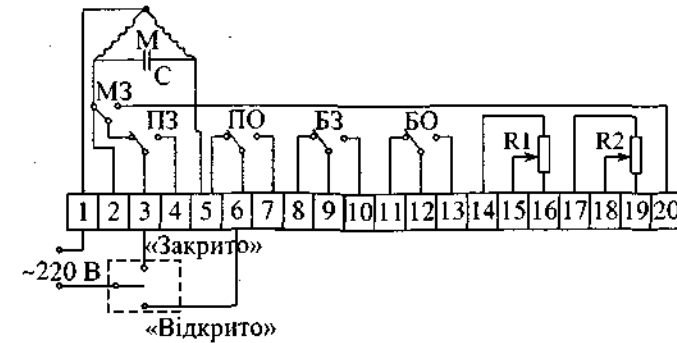


Рис. 4.9. Схема електрична принципова механізму типу ЕСПА-02 ПВ 202: М – електродвигун типу ЕОРКП 041/4; С – конденсатор МК-4 мкФ; R1 і R2 – потенціометри; МЗ – мікроперемикач по моменту «закрито»; ПЗ і ПО – мікроперемикачі відповідно по положенню «закрито» і «відкрито»; БЗ і БО – мікроперемикачі для блокування «закрито» і «відкрито» відповідно.

Вибір електроприводу здійснюється у залежності від потрібного обертового моменту, частоти обертання вихідного валу, числа обертів вихідного валу, необхідного для закриття (відкриття) арматури, присднувальних розмірів і умов експлуатації.

Виконання і основні технічні характеристики електроприводів з однобічною муфтою обмеження наведені у табл. 4.4., а з двобічною муфтою обмеження – у табл. 4.5.

Застосовуються для роботи у приміщеннях і зовнішніх установках під навісом при температурі повітря від (-40) до 40°C з відносною вологістю до 95%. Монтаж припускається у будь-якому положенні. Живлення електродвигунів забезпечується змінною трифазною напругою 380 В, частотою 50 Гц. Довготривалий режим роботи двигунів припускається при навантаженні не більше 50% від максимального.

Виготовник – ВО «Тулаелектропривод» (м.Тула).

Електроприводи багатообертові з однобічною муфтою складаються з корпусу, у якому змонтовані вузли червячного редуктора, моментної муфти і ручного дублера.

Таблиця 4.4 Основні технічні характеристики електроприводів А, Б, В, Г і Д з однобічної муфтою обмеження.

Тип електроприводу	Позначення електроприводу	Виконання за виходом кистом	Обертальний момент на вихідному валу, Н·м	Частота обертання вихідного валу, об/хв	Число обертів вихідного валу, необхідне для закриття (відкриття) арматури, об.		Передаточне число від електродвигуна до вихідного валу	Максимальне зусилля на маховику, Н	Маса електроприводу, кг
					мінімальне	максимальне			
А	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	ЭПВ-10М-01	IExdIIIBT4	50-90	50	1	36	27	50	10
	ЭПВ-10М-02				36	75			
	ЭПВ-10М-03				1	36			
ЭПВ-10М-04	36				75				
Б	Б099.059М-01	Загальнопромислове	63-120	60	1	6	21	100	38
	Б099.059М-02				6	36			
	Б099.059М-03				36	200			
	Б099.059М-04				1	6			
	Б099.059М-05				6	36			
	Б099.059М-06				36	200			
	Б099.059М-07	IExdIIIBT4	80-60	60	1	36	21	120	56
	Б099.059М-08				36	75			
	Б099.059М-09				1	36			
	Б099.059М-10				36	75			

Продовж. табл. 4.4.

Тип електроприводу	Позначення електроприводу	Виконання за виходом кистом	Обертальний момент на вихідному валу, Н·м	Частота обертання вихідного валу, об/хв	Число обертів вихідного валу, необхідне для закриття (відкриття) арматури, об.		Передаточне число від електродвигуна до вихідного валу	Максимальне зусилля на маховику, Н	Маса електроприводу, кг					
					мінімальне	максимальне								
В	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
	Б099.054М-01	Загальнопромислове	200-450	50	1	6	25,5	260	90					
	Б099.054М-02				6	36								
	Б099.054М-03				36	200								
	Б099.054М-04				1	6								
	Б099.054М-05				6	36								
	Б099.054М-06				36	200								
	Б099.054М-07				1	36								
	Б099.054М-08				36	75								
	Б099.054М-09				1	36								
	Б099.054М-10				36	75								
	Б099.054М-11				75	300								
	Б099.054М-12				IExdIIIBT4	300-600				50	1	6	27,5	325
Б099.053М-01	6										36			
Б099.053М-02	36	200												
Б099.053М-03	Загальнопромислове	800-1400	50	144	800	27,5	590	303						
Б099.053М-04				1	6									
Б099.053М-05				6	36									
Б099.053М-06				36	200									
Б099.053М-07				144	800									
Б099.053М-08	IExdIIIBT4	900-2000	25	1	36	55	240	300						
Б099.053М-09				36	75									
Б099.053М-10				75	300									
Б099.053М-11				1	36									
Б099.053М-12				36	75									
Б099.053М-13		2000-2500		1	36		300	330						

Закінчення табл. 4.4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Д	Б099.053М-14	ІЕхdIIIВТ4	2000- 2500	25	75	300	55	300	330
	Б099.053М-15			36	27,5	372			
	Б099.053М-16			75					
	Б099.053М-17			300					
	Б099.060М-01	Загальнопромис- лове	2500- 4500	12	1	6	110	325	472
	Б099.060М-02		6		36				
	Б099.060М-03		36		200				
	Б099.060М-04		1		6				
	Б099.060М-05	ІЕхdIIIВТ4	4500- 7500	6	6	36	220	590	514
	Б099.060М-06				36	200			
	Б099.060М-07				1	6			
	Б099.060М-08				6	18			
	Б099.060М-09	ІЕхdIIIВТ4	5000- 8200	6	18	75	110	240	511
	Б099.060М-10				1	6			
	Б099.060М-11				6	18			
Б099.060М-12	18				75				
Б099.060М-13	ІЕхdIIIСТ1	6300- 10000	12	1	6	110	670	601	
Б099.060М-14				6	18				
Б099.060М-15				18	75				

Примітка: для загальнопромислового виконання увід кабелю керування штепсельний, а для вибухозахисного виконання – сальниковий; маса приладу наведена для звичайного кліматичного виконання (У2).

Таблиця 4.5. Основні технічні характеристики електроприводів М, А, Б, В, Г з двобічною муфтою обмеження.

Тип електроприводу	Позначення електроприводу	Виконання за вибухозахис- ним класом	Обертальний момент на вихідному валу, Н·м		Частота обертання вихід- ного валу, об/хв	Число обертів вихідного валу, необхідне для закрит- тя (відкриття) арматури, об		Передаточне число від електродвигуна до вихід- ного валу	Максимальне зусилля на маховик, Н	Потужність електродви- гуна, кВт	Маса, кг		
			Понад 10	25		мінімальне	максимальне						
М	ТЭ099.088-01М	Загальнопро- мислове	4	5	9,5	6	7	137	360	0,025	15		
	ТЭ099.088-02М		5	6									
	ТЭ099.088-03М		10	24									
	ТЭ099.088-04М		1	6									
А	ТЭ099.059-01	ІЕхdIIIВТ4	25-60	12	12	4	24	112	35	0,25	49		
	ТЭ099.059-02			24		10	60						
	ТЭ099.059-04			12		45							
	ТЭ099.059-05			24		10	60						
	ТЭ099.059-07			12		10						60	
	ТЭ099.059-08			24		45	60						
ТЭ099.059-10	12	10	60										
ТЭ099.059-11	24	45		60									
Б	Б099.094-01М	ІЕхdIIIСТ1	100-250		25	36	1	6	56	200	1,1	12	
	Б099.094-02М			6									36
	Б099.094-03М			36									200

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Б	Б099.094-04М	ІЕхдІІСТІ	100-250	50	1	6	28	400	1,5	125
	Б099.094-05М				6	36	200			
	Б099.094-06М				36	200				
	Б099.094-07М				1	6	221	200	0,55	128
	Б099.094-08М				6	36	200			
	Б099.094-09М				36	200				
	Б099.098-01М				1	6	56	200	1,3	56
	Б099.098-02М				6	36	200			
	Б099.098-03М				36	200				
	Б099.098-04М				1	6	28	400	1,5	56
	Б099.098-05М	6	36	200						
	Б099.098-06М	36	200							
	Б099.098-07М	1	6	56	200	1,3	56			
	Б099.098-08М	6	36	200						
	Б099.098-09М	36	200							
	Б099.098-10М	1	6	28	400	1,5	56			
	Б099.098-11М	6	36	200						
	Б099.098-12М	36	200							
	Б099.098-13М	1	6	250	200	0,65	70			
	Б099.098-14М	6	36	200						
	Б099.098-15М	36	200							
	Б099.098-16М	1	6	250	200	0,65	70			
	Б099.098-17М	6	36	200						
	Б099.098-18М	36	200							
	Б099.099-01М	1	6	56	200	1,1	77			
Б099.099-02М	6	36	200							
Б099.099-03М	36	200								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Б	Б099.099-04М	ІЕхдІІВТ4	100-250	50	1	6	28	400	1,5	77				
	Б099.099-05М				6	36	200							
	Б099.099-06М				36	200								
	Б099.099-07М				1	6	250	200	0,55	70				
	Б099.099-08М				6	36	200							
	Б099.099-09М				36	200								
	Б099.089-01М				1	6	57	260	3	185				
	Б099.089-02М				6	36	200							
	Б099.089-03М				36	200								
	Б099.089-04М				1	6	28,5	500	5,5	206				
В	Б099.089-05М	ІЕхдІІСТІ	250-630	48	6	36	200							
	Б099.089-06М				36	200								
	Б099.089-10М				1	6	57	260	3	85				
	Б099.089-11М				6	36	200							
	Б099.089-12М				36	200								
	Б099.089-13М				1	6	28,5	500	5,5	206				
	Б099.089-14М				6	36	200							
	Б099.089-15М				36	200								
	Б099.089-16М				1	6	57	260	3	85				
	Б099.089-17М				6	36	200							
	Б099.089-18М	ІЕхдІІСТІ	630-1000	48	6	36	200							
	Б099.089-19М				36	200								
	Б099.089-20М				1	6	228	260	1,1	178				
	Б099.089-21М				6	36	200							
	Б099.089-22М				36	200								
	Б099.100-01М				1	6	57	260	3,2	96				
	Б099.100-02М				6	36	200							
	Б099.100-03М				36	200								
	Загальнопро- мислове				250-630	24	24	36	200	57	260	3,2	96	
	Загальнопро- мислове						24	36	200	57	260	3,2	96	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																																																		
В	Б099.100-04М	Загальнопромислове	250-630	48	1	6	28,5	500	3,2	96																																																		
	Б099.100-05М				6	36																																																						
	Б099.100-06М				36	200																																																						
	Б099.100-07М				1	6																																																						
	Б099.100-08М				6	36																																																						
	Б099.100-09М				36	200																																																						
	Б099.100-10М				1	6																																																						
	Б099.100-11М				6	36																																																						
	Б099.100-12М				36	200																																																						
	Б099.100-13М				6	36																																																						
	Б099.100-14М	1	6																																																									
	Б099.100-15М	6	36																																																									
	Б099.100-16М	36	200																																																									
	Б099.100-17М	1	6																																																									
	Б099.100-18М	6	36																																																									
	Б099.100-19М	36	200																																																									
	Б099.100-20М	1	6																																																									
	Б099.100-21М	6	36																																																									
	Б099.100-22М	36	200																																																									
	Б099.100-23М	1	6																																																									
Б099.100-24М	6	36																																																										
Б099.100-25М	36	200																																																										
Б099.100-26М	1	6																																																										
Б099.100-27М	6	36																																																										
Б099.100-28М	36	200																																																										
В	Загальнопромислове	630-1000	24	48	36	200	57	260	3,2	96																																																		
											250-630	6	36	200	28,5	500	3,2	96																																										
																			630-1000	24	48	36	200	57	260	3,2	96																																	
																												250-630	6	36	200	28,5	500	3,2	96																									
																																				630-1000	24	48	36	200	57	260	3,2	96																
		630-1000	6	36	200	28,5	500	3,2	96																																																			
		Б099.101-01М	ІExdIIIBT4	630-1000	24	48	36	200	57	260	3	158																																																
		Б099.101-02М											250-630	6	36	200	28,5	500	4	188																																								
		Б099.101-03М																			630-1000	24	48	36	200	57	26	3	158																															
		Б099.101-04М																												250-630	6	36	200	28,5	500	4	188																							
Б099.101-05М	630-1000	24																																				48	36	200	57	26	3	158																
Б099.101-06М																																													630-1000	6	36	200	28,5	500	4	188								
Б099.101-07М	250-630	6											36	200	200	228	260	1,3	85																																									
Б099.101-08М																				630-1000	24	48	36	200	57	26	3	158																																
Б099.101-09М																													250-630	6	36	200	28,5	500	4	188																								
Б099.101-10М																																					630-1000	24	48	36	200	57	26	3	158															
Б099.101-11М			250-630	6	36	200	28,5	500	4	188																																																		
Б099.101-12М											630-1000	24																																		48	36	200	57	26	3	158								
Б099.101-13М																																																					250-630	6	36	200	28,5	500	4	188
Б099.101-14М																																																												
Б099.101-15М	630-1000	24	48	36	200	57	26	3	158																																																			
Б099.101-16М										250-630	6	36	200	28,5	500	4	188																																											
Б099.101-17М																		630-1000	6	36	200	228	300	1,1	125																																			
Б099.101-18М	630-1000	6	36	200	28,5	500	4	188																																																				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																																																		
В	Б099.100-29М	Загальнопромислове	630-1000	48	1	6	228	260	1,3	85																																																		
	Б099.100-30М				6	36																																																						
	Б099.100-31М				36	200																																																						
	Б099.100-32М				1	6																																																						
	Б099.100-33М				6	36																																																						
	Б099.100-34М				36	200																																																						
	Б099.100-35М				1	6																																																						
	Б099.100-36М				6	36																																																						
	Б099.100-37М				36	200																																																						
	Б099.101-01М				ІExdIIIBT4	250-630					24	48	36	200	57	260	3	158																																										
	Б099.101-02М	630-1000	6	36			200	28,5	500	4									188																																									
	Б099.101-03М																			250-630	6	36	200	28,5	500	4	188																																	
	Б099.101-04М																											630-1000	24	48	36	200	57	26	3	158																								
	Б099.101-05М																																				250-630	6	36	200	28,5	500	4	188																
	Б099.101-06М																																												630-1000	6	36	200	28,5	500	4	188								
	Б099.101-07М	250-630	6	36			200	200	228	260									1,3	85																																								
	Б099.101-08М																				630-1000	24	48	36	200	57	26	3	158																															
	Б099.101-09М																													250-630	6	36	200	28,5	500	4	188																							
	Б099.101-10М																																					630-1000	24	48	36	200	57	26	3	158														
	Б099.101-11М				250-630	6					36	200	28,5	500	4	188																																												
Б099.101-12М	630-1000																24	48																													36	200	57	26	3	158								
Б099.101-13М																																																					250-630	6	36	200	28,5	500	4	188
Б099.101-14М																																																												
Б099.101-15М	630-1000	24	48	36	200	57	26	3	158																																																			
Б099.101-16М										250-630	6	36	200	28,5	500	4	188																																											
Б099.101-17М																		630-1000	6	36	200	228	300	1,1	125																																			
Б099.101-18М	630-1000	6	36	200	28,5	500	4	188																																																				

Продовж. табл. 4.5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Г	Б099.090-01М	І ExdIICTI	1000-2500	20	1	6	68,6	450	5,5	278
	Б099.090-02М				6	36				
	Б099.090-03М				36	200				
	Б099.090-04М				1	6				
	Б099.090-05М				6	36				
	Б099.090-06М				36	200				
	Б099.090-16М	І ExdIICTI	5	1	6	274,4	450	1,5	267	
	Б099.090-17М			6	36					
	Б099.090-18М			36	200					
	Б099.102-01М			1	6					
	Б099.102-02М	Загально- промислове	1000-2500	20	6	36	68,6	450	4,3	165
	Б099.102-03М				36	200				
	Б099.102-04М				1	6				
	Б099.102-05М				6	36				
	Б099.102-06М				36	200				
	Б099.102-10М				1	6				
	Б099.102-11М				6	36				
	Б099.102-12М				36	200				
	Б099.102-13М				1	6				
	Б099.102-14М				6	36				
Б099.102-15М	36				200					
Б099.102-19М	1				6					
Б099.102-20М	6	36								
Б099.102-21М	36	200								
Б099.102-22М	1	6								
Б099.102-23М	6	36								
Б099.102-24М	36	200								
				20	6	36	68,6	450	4,3	165
				40	6	36	34,3	900	8,5	210
				5	1	6	274,4	450	1,3	145
					6	36				
					1	6	274,4	450	1,3	145
					6	36				

Продовж. табл. 4.5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Г	Б099.103-01М	І ExdIICTI	1000-2500	20	1	6	68,6	450	5,5	235
	Б099.103-02М				6	36				
	Б099.103-03М				36	200				
	Б099.103-04М				1	6				
	Б099.103-05М				6	36				
	Б099.103-06М				36	200				
	Б099.103-10М	І ExdIICTI	2500-8500	5	1	6	274,4	450	1,5	160
	Б099.103-11М				6	36				
	Б099.103-12М				36	200				
	Б099.091-01М				1	6				
	Б099.091-02М				6	36				
	Б099.091-03М				36	200				
Д	Б099.091-10М	І ExdIICTI	2500-8500	10	1	6	137,2	900	7,5	520
	Б099.091-11М				6	36				
	Б099.091-12М				36	200				
	Б099.104-01М				1	6				
	Б099.104-02М				6	36				
	Б099.104-03М				36	200				
	Б099.104-04М	Загально- промислове	6300-10000	9,3	6	36	147,49	1120	7,5	550
	Б099.104-05М				36	200				
	Б099.104-06М				6	36				
	Б099.104-07М				1	6				
	Б099.104-08М				6	36				
	Б099.104-09М				36	200				
Б099.104-10М	6300-10000	9,3	147,49	1120	8,5	390	440			
Б099.104-11М								1	6	
Б099.104-12М								6	36	
								36	200	
								1	6	
								6	36	

		Закінчення табл. 4.5.										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Д	Б099.105-01М	ІExdІІВТ4	2500-8500	10	1	6	137,2	900	7,5	442		
	Б099.105-02М				6	36						
	Б099.105-03М				36	200						
	Б099.105-04М				1	6						
	Б099.105-05М				6	36						
Б099.105-06М	36	200	147,49	1120	7,5	492						

Примітка: електроприводи на напругу 220, 500, 600В виготовляються на замовлення; виконання по монтажу електродвигунів типу Б, В, Г і Д – М300, типу М і А – М360.

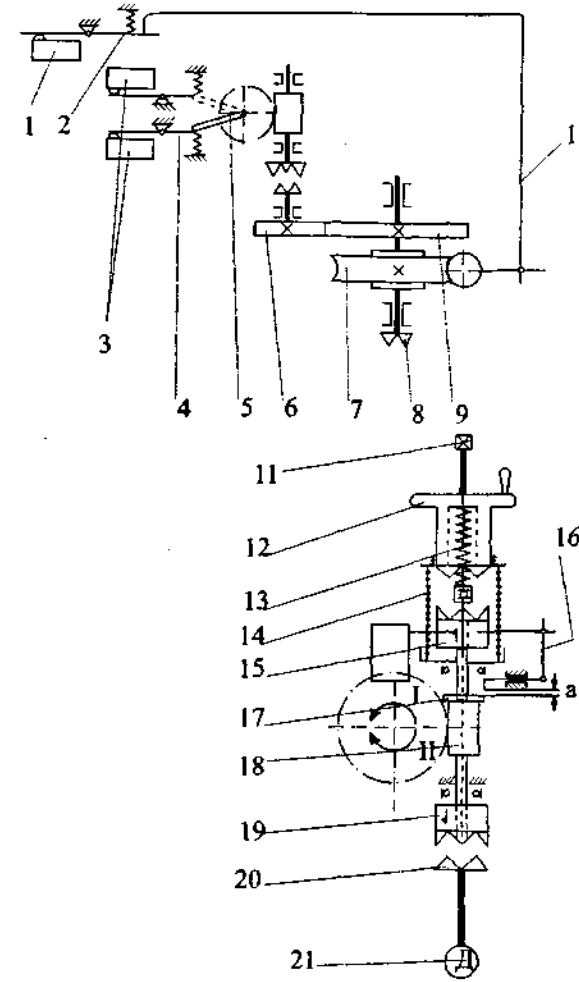


Рис. 4.10. Кінематична схема електроприводу типу А: І – відкрити; ІІ – закрити.

До корпусу приводу через перехідник кріпиться двигун і кришка з шляховими вимикачами типу ВП-4 (для електроприводів загальнопромислового виконання) чи В-701 (для електроприводів у вибухозахищеному виконанні), що забезпечують автоматичну зупинку запірною арматури у кінцевих і проміжних положеннях. Обидва типи вимикачів містять покажчики положення запірною арматури. У якості елементів вимикання застосовуються мікроперемикачі МП-2101. Шляхові вимикачі в ІМ типу Б-Д розміщені у спеціальній коробці кінцевих вимикачів, а в ІМ типу А – умонтовані у корпус електроприводу. Вибухозахищеність кінцевих вимикачів досягається заключенням мікроперемикачів у кожух, заповнений трансформаторним маслом чи спеціальною рідиною "Калорія" №2 в умовах температури повітря нижче (-30)°С. Кінематичні схеми електроприводів типу А, Б, В, Г наведені на рис. 4.10 і 4.11. При електричному керуванні виступи ручки 11 повинні знаходитись у глибоких пазах кришки, що забезпечує зчеплення кулачкової напівмуфти 20 з напівмуфтою 19, а кулачкова напівмуфта при цьому 15 розчеплена з кулачковою напівмуфтою 13. Це виключає тим самим передачу обертання від двигуна 21 до маховика 12. Обертання від двигуна

До корпусу приводу через перехідник кріпиться двигун і кришка з шляховими вимикачами типу ВП-4 (для електроприводів загальнопромислового виконання) чи В-701 (для електроприводів у вибухозахищеному виконанні), що забезпечують автоматичну зупинку запірною арматури у кінцевих і проміжних положеннях. Обидва типи вимикачів містять покажчики положення запірною арматури. У якості елементів вимикання застосовуються мікроперемикачі МП-2101. Шляхові вимикачі в ІМ типу Б-Д розміщені у спеціальній коробці кінцевих вимикачів, а в ІМ типу А – умонтовані у корпус електроприводу. Вибухозахищеність кінцевих вимикачів досягається заключенням мікроперемикачів у кожух, заповнений трансформаторним маслом чи спеціальною рідиною "Калорія" №2 в умовах температури повітря нижче (-30)°С. Кінематичні схеми електроприводів типу А, Б, В, Г наведені на

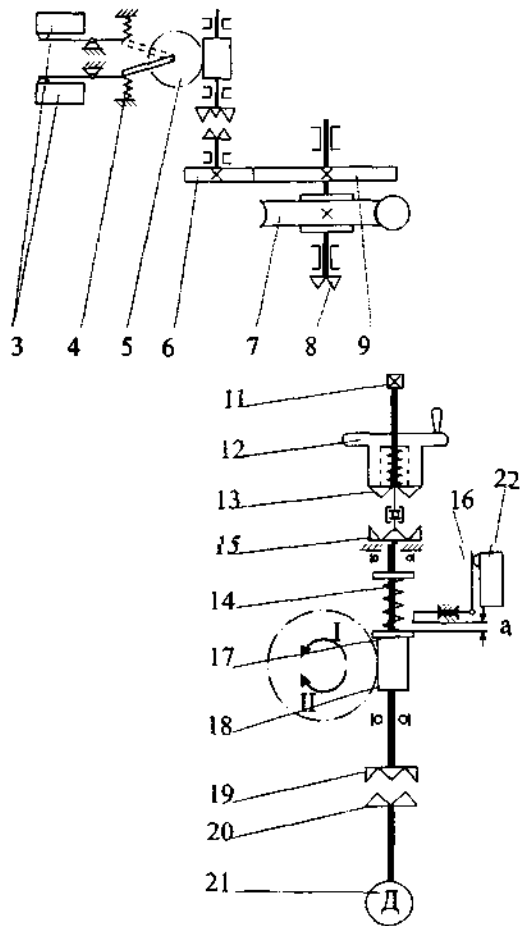


Рис. 4.11. Кінематична схема електроприводу типів Б, В і Г: I – відкрити; II – закрити.

12 через напівмуфти 13 і 15 буде передаватись червяку 18, червячному колесу 7 і вихідному валу 8.

Принцип дії електромеханічної муфти обмеження обертового моменту полягає у наступному (див.рис.4.10. і 4.11.). З досягненням запірним пристроєм арматури граничної величини обертового моменту у положенні "закрито" чи у разі заклинювання шпindelю арматури у проміж-

21 передається через напівмуфти 19, 20 червяку 18, а далі через червячне колесо 7 до вихідного валу 8 і зв'язаному з ним шпindelю арматури. Одночасно з обертанням вихідного валу через пару циліндричних колес 6, 9 обертання через редуктор передається валику шляхового вимикача, на якому закріплені кулачки 5. У кінці ходу кулачок, натискаючи на важіль 4, звільняє кнопку мікрОВИМКАЧА 3, що призводить до розімкнення кола магнітного пускача. При цьому двигун відімкнеться від мережі.

Для ручного керування електроприводом (див. рис. 4.10 і 4.11.) за допомогою маховика необхідно ручку 11 підтягнути на себе до упору і повернути її до моменту попадання виступів у неглибокі пази кришки. При цьому кулачкова напівмуфта 15 вийде у зачеплення з напівмуфтою 13, а напівмуфта 19 вийде із зачеплення з напівмуфтою 20, що призведе тим самим до виключення передачі обертання від двигуна 21 до маховика 12. Обертання від маховика

тому положенні червячне колесо 7 зупиняється. Черв'як 18, продовжуючи обертатися під дією обертового моменту двигуна 21, і стискаючи через шайбу 17 пружину 14, зміститься вздовж осі. Шайба 17, обравши зазор "а", натисне на важіль 16, який повернеться навколо осі, що призведе до звільнення кнопки вимикача 22 (див. рис. 4.11), розриву кола магнітного пускача і відімкнення електродвигуна від мережі. У електроприводах вибухозахисного виконання (див. рис. 4.10) важіль 16, обертаючись навколо осі, натягне гнучкий тросик 10 і діє на важіль 2, який звільняє кнопку вимикача 1 і, розриваючи коло магнітного пускача, відімкне електродвигун від електромережі.

Електричне дистанційне керування електроприводом може здійснюватися за двома варіантами: без примусового та з примусовим ушільненням при закритті. Схема дистанційного керування електроприводом запірного пристрою без примусового ушільнення при закритті наведена на рис. 4.12.

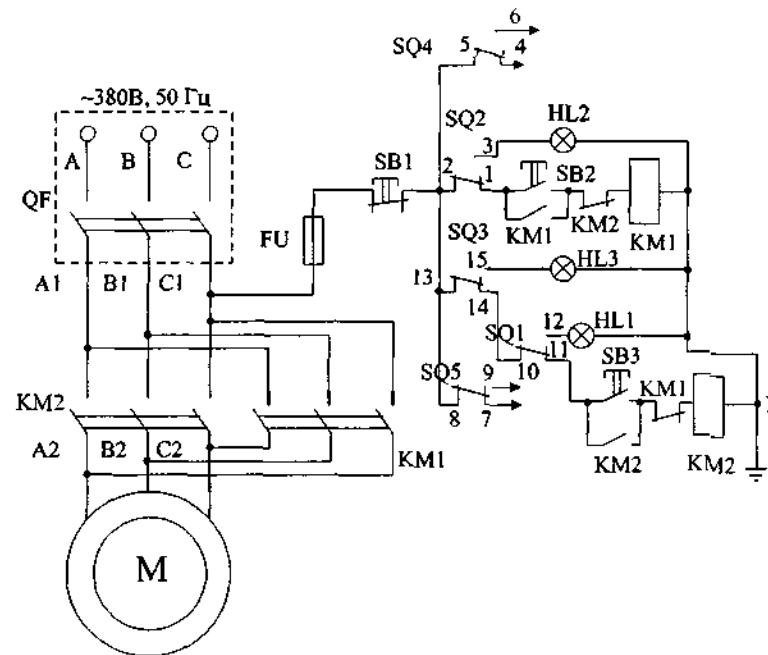


Рис.4.12. Принципова електрична схема керування електроприводом загальнопромислового призначення без примусового ушільнення при закритті: QF – автомат захисту; М – електродвигун; FU – запобіжник; SQ4 і SQ5 – додаткові мікрОВИМКАЧІ; 1 ÷ 15 – позначення контактів мікрОВИМКАЧІВ у коробці ВП – 4.

Такі схеми застосовують у випадках, коли не ставляться суттєві вимоги по забезпеченню високої щільності закриття. Пуск електродвигуна у бік відкриття здійснюється натисканням кнопки SB2, що замикає коло котушки магнітного пускача KM1. При цьому головні контакти KM1 вмикають у мережу електродвигун M, а блок – контакт KM1 шунтує розімкнені контакти SB2. Після цього кнопка SB2 може бути відпущена. Коли запірний орган досягне крайнього верхнього положення спрацьовує кінцевий вимикач SQ2, що призведе до розімкнення кола котушки пускача KM1, контакти KM1 якого повернуться у початковий стан (розімкнуться), а електродвигун відімкнеться від мережі живлення. Одночасно контакт кінцевого вимикача SQ2 включити сигнальну лампу HL2 (відкрито). На цьому операція відкриття завершується. У бік закривання електропривід включається натисканням кнопки SB3, після чого відбувається процес ідентичний вищерозглянутому, але при відключенні від кінцевого вимикача SQ3.

Для запобігання одночасного вмикання обох котушок магнітного пускача крім механічного блокування, яким обладнаний пускач, у схемі передбачене електричне блокування за допомогою контактів KM2 чи KM1. Таким чином, у разі випадкового заклинювання запірного органу у проміжному положенні відключення електродвигуна здійснюється контактами вимикача SQ1 (поз.22 див. рис. 4.11.) муфти обертального моменту, що діє при прямуванні запірного органу у бік закриття. При цьому загоряється сигнальна лампа муфти HL1. Кнопка SB1 призначена для зупинки запірного органу у проміжному положенні, але її використання на тривалий час не припустимо по технічним умовам. Слід відзначити, що у проміжному положенні одночасно світяться обидві лампи HL3 і HL2, сигналізуючи про переміщення запірного органу, але не вказуючи напрямку руху.

Схема керування електроприводом з примусовим ушільненням запірного органу при закритті наведена на рис. 4.13. У цьому випадку розмикання кола живлення котушки пускача KM1 при закритті здійснюється не контактами кінцевого вимикача, а контактами муфтового вимикача SQ3.

З подачею імпульсу на закриття (натискання кнопки SB1) пускач KM1 отримує живлення через власний контакт і включені контакти кінцевого вимикача SQ1 та муфтового вимикача на закриття SQ3. Перед повним закриттям запірного органу розмикаються контакти (13 - 14) кінцевого вимикача SQ1 і загоряється сигнальна лампа HL1 через контакти 15 - 16 вимикача SQ1. При цьому котушка пускача KM1 залишається увімкненою через контакти 11 - 12 муфтового вимикача SQ3. З досягненням необхідної щільності закриття запірного органу момент опору на валу стає більше межового обертального моменту муфти, що призведе до її спрацьовування і короточасного розімкнення контакту 11 - 12 SQ3.

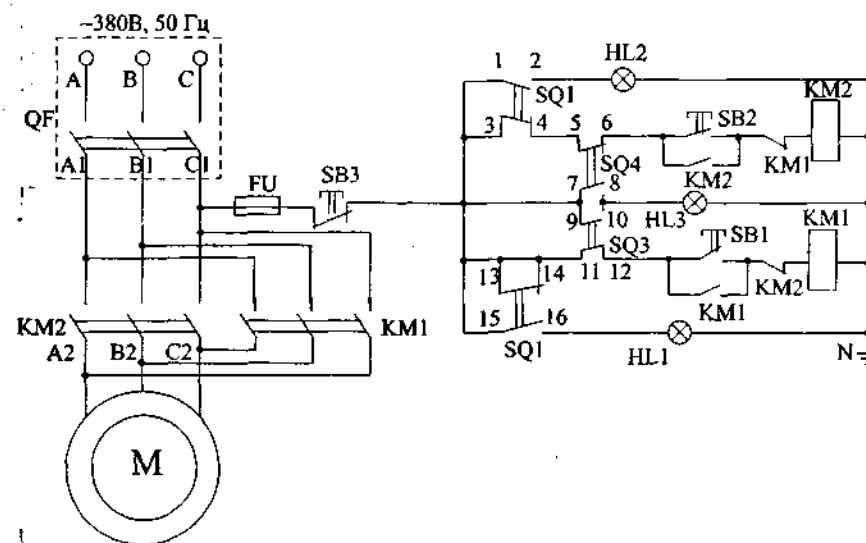


Рис. 4.13. Принципова електрична схема керування електроприводом загальнопромислового призначення з примусовим ушільненням запірного органу при закритті: Н – електродвигун; FU – запобіжник; QF – автомат захисту; 1 ÷ 16 – позначення контактів мікровимикачів у коробці.

Коло котушки пускача KM1 розімкнеться і ІМ зупиниться, а контакти SQ3 (11 - 12) повернуться у початковий стан. У разі необхідності створення ушільнення у бік відкриття контакти вимикача SQ2 (3 - 4) закорочуються і відключення електродвигуна відбувається від муфтового вимикача SQ4.

Відключення електродвигуна у випадку заклинювання запірного органу у проміжному положенні здійснюється тепловим розщеплювачем автоматичного вимикача QF, встановленого у силових колах електродвигуна. Загальний вигляд та габаритні розміри електроприводів з однобічною муфтою наведено на рис. 4.14.

Електроприводи багатооборотні з двобічною муфтою складаються з корпусу, планетарного редуктора, моментної муфти, вузла мікровимикачів, електродвигуна і кришок. Вибухозахищеність виробу досягається за рахунок закінчення електричних складових у вибухонепроникну оболонку, яка витримує тиск вибуху до 1МПа протягом 1 хвилини і виключає передачу вибуху у навколишню вибухонебезпечну зону.

У корпусі електроприводу змонтований планетарний редуктор (див. рис. 4.15), що складається з гальмуючої шестерні 5, ексцентрикового валу 6, сателіта 7 і ведучої шестерні 8, яка жорстко зв'язана з приводним валом

9. Моментна муфта містить вал 30, черв'як 35, піджатий з обох боків пружинами 34 і гайками 36. Опорами валу 30 служать кришки, що прикріплені до корпусу. На одному з кінців валу 30 посаджений маховик 31 для ручного керування електроприводом.

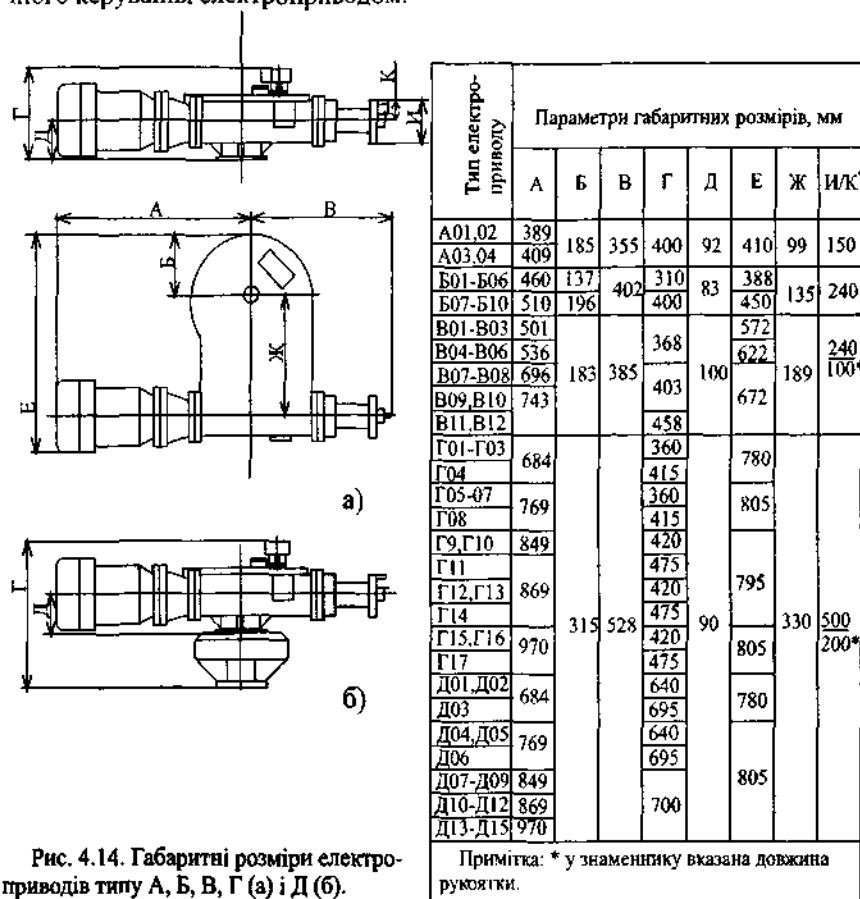


Рис. 4.14. Габаритні розміри електроприводів типу А, Б, В, Г (а) і Д (б).

Вузол вимикачів складається з валу 29, на якому закріплені моментні кулачки 23 і 29, важелів 22 і 26, моментних мікровимикачів 21 і 25, блокувальних кулачків 20 і 24, шляхових мікровимикачів 18, шляхових кулачків 17, валу 19, на одному кінці якого закріплена стрілка 27 місцевого показника, а на другому – зубчаста передача 13 і 11, що діє на потенціометр 10. Для герметизації внутрішніх порожнин електроприводу у місцях рухливих з'єднань деталей передбачені ущільнюючі пристрої.

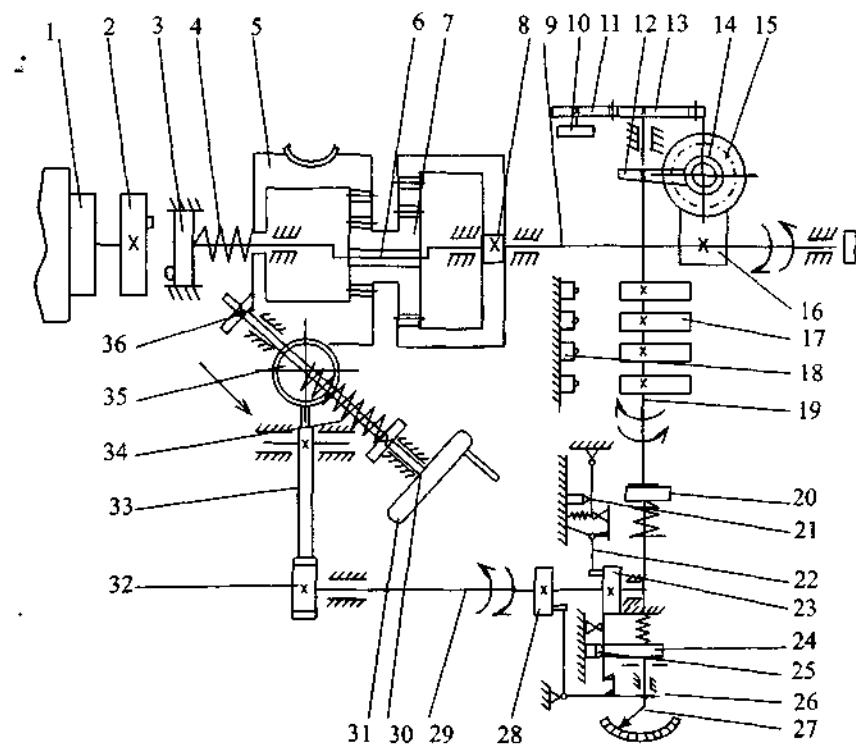


Рис. 4.15. Кінематична схема електроприводу типу А з двобічною муфтою обмеження.

При електричному керуванні обертання електродвигуна 1 через кулачкові муфти 2 і 3 передається ексцентричному валу 6 і сателіту 7. Завдяки тому, що шестерня 5 загальмована черв'яком 35 і пружинами 34, сателіт 7, обкатуючись по ній, буде обертати ведучу шестерню 8 і жорстко зв'язаний з нею вал 9, який приводить до обертання вал запірної арматури. З валу 9 через колеса 16 і 15, черв'ячну пару 14, 12 і вал 19 обертання передається стрілці 27 місцевого показника, а через зубчасту передачу (колеса) 13 і 11 – на вал потенціометра. Моментні кулачки 23 і 28 отримують рух від осьового переміщення черв'яка 35 через зубчастий сектор 33, колесо 32 і вал 29.

При ручному керуванні обертання від маховика 31 через вал 30, черв'як 35 передається шестерні 5, яка обертає сателіт 7 навколо нерухливого ексцентричного валу, загальмованого пружиною 4 конусної муфти

3, і далі колесо 8 і вал 9.

Робота муфти обмеження обертального моменту здійснюється наступним чином. З досягненням запорним пристроєм арматури межової величини обертального моменту у положенні "закрито" чи "відкрито", або у випадку заклинювання у проміжному положенні привідний вал 9 з колесом 8 зупиняється. Завдяки тому, що вал електродвигуна 1 продовжує обертатися, сателіт 7, обкатуючись по колесу 8, примусить повернути шестерню 5, яка перемістить в осьовому напрямку черв'як 35. Поступальний рух черв'яка 35 перетворюється в обертальний рух моментних кулачків 23 і 28 за допомогою сектора 33 і колеса 32. Кулачки 23 і 28, обертаючись, дають змогу важелям 22 і 26 звільнити кнопки мікрореле 21 і 25 та розімкнути електричне коло електродвигуна 1.

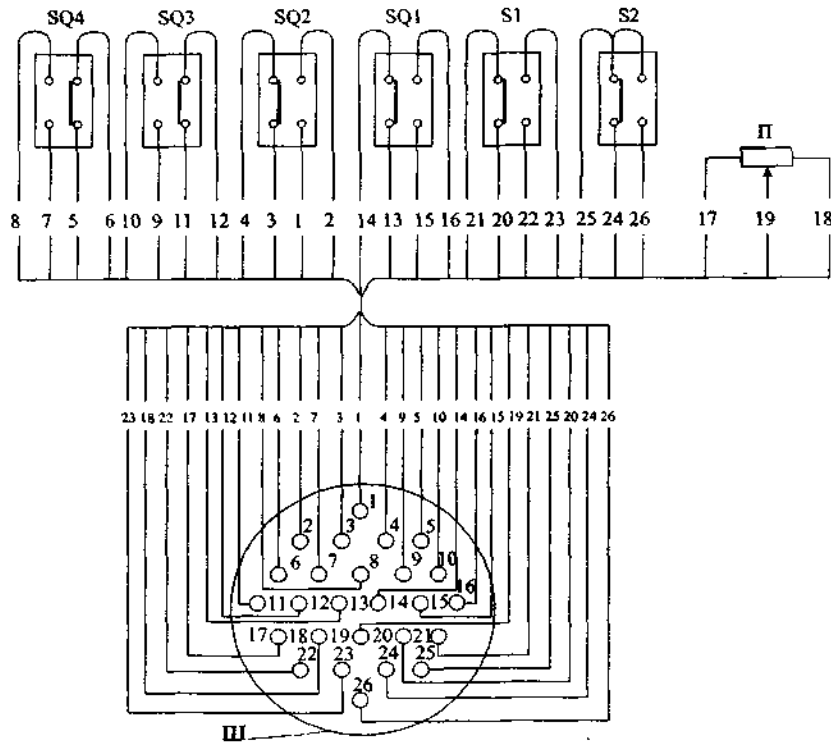


Рис. 4.16. Схема зовнішніх з'єднань електроприводів типу А, Б, В, Г і Д загальнопромислового виконання зі штепсельним роз'ємом: Ш - штепсельний роз'єм (колодка СШПГ48П26ЭШЗ, вставка СШР48П26ЭШЗ); П - потенціометр для дистанційної передачі положення ИМ; S1, S2 - додаткові кінцеві вимикачі на замовлення.

Для дистанційного керування електроприводом найчастіше застосовується схема, що наведена на рис. 4.13. Схема підключення електроприводу з двобічною муфтою загальнопромислового виконання для зовнішніх з'єднань представлена на рис. 4.16. Загальний вигляд та габаритні розміри електроприводів з двобічною муфтою типу Б - Д наведені на рис. 4.18, а типу А - на рис. 4.17.

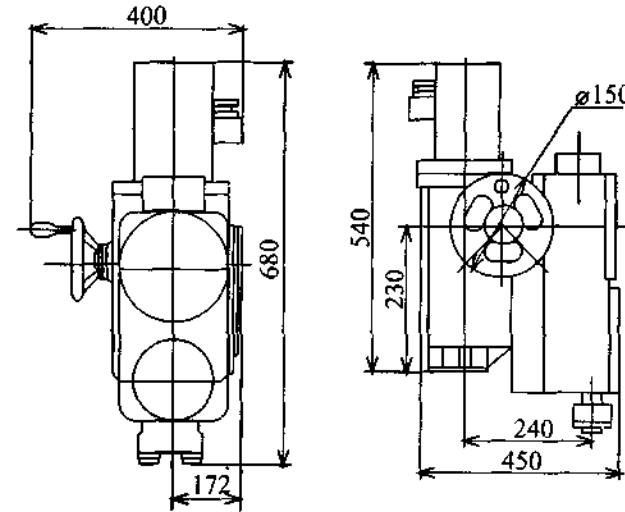
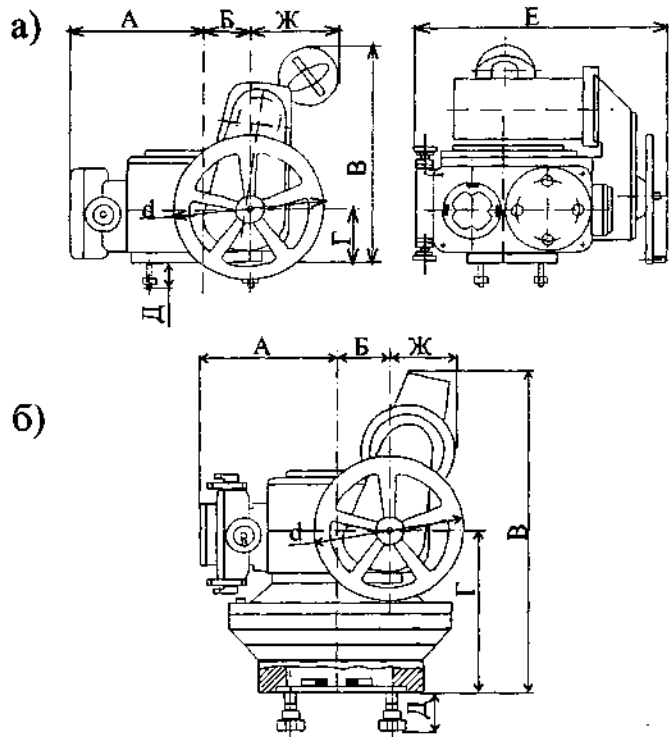


Рис. 4.17. Габаритні розміри електроприводу з двобічною муфтою типу А.

4.3 ПНЕВМАТИЧНІ ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ.

Пневматичні виконавчі механізми отримали широке розповсюдження завдяки простоті конструкції, надійності у роботі і можливості застосування у вибухонебезпечних умовах виробництва.

Пересувне зусилля у цих механізмах утворюється за рахунок дії стислого повітря на чутливий елемент (мембрана, поршень або пневмодвигун, сильфон). Пневматичні механізми мембранні і поршневі забезпечують зворотно-поступальний рух штоку, який може бути перетворений у поворотний за допомогою додаткового механічного пристрою, а пневмодвигуни - тільки поворотний рух вихідного валу. Наявність робочої пружини у мембранних і поршневих ИМ дозволяє утворювати пересувне зусилля в одному напрямку за рахунок стислого повітря.



Тип електроприводу	Виконання електроприводу	Показники габаритних розмірів, мм							
		А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	d
Б	Б099.094	290	90	460	120	-	665	170	240
	Б099.098	240		440			645	160	
	Б099.099	290		460			660	170	
В	Б099.089	320	144	546	150	50	640	200	400
	Б099.100	263		520			620	200	
	Б099.101	320		700			750	200	
Г	Б099.090	355	200	760	180	50	820	235	400
	Б099.102	310		700			730	277	
	Б099.105	355		760			820	235	
Д	Б099.091	355	200	1070	210	50	820	235	400
	Б099.104	330		1000			730	277	
	Б099.105	355		1070			820	235	

Рис. 4.18. Габаритні розміри електроприводів з двобічною муфтою типу Б, В, Г, (а) і Д(б).

У протилежному напрямку пересувне зусилля утворюється за рахунок зусилля, що розвивається пружиною, і значна частина зусилля від дії тиску повітря витрачається на стиск пружини. У безпружинних ИМ пересувне зусилля у протилежних напрямках утворюється дією тиску з обох боків чутливого елемента - тиск з одного боку підвищується, а з іншого зменшується або ж навпаки. Отже ці механізми належать до пристроїв двосторонньої дії.

Мембранні виконавчі механізми (МИМ) найчастіше використовуються у системах керування у якості приводів регульованих поворот-

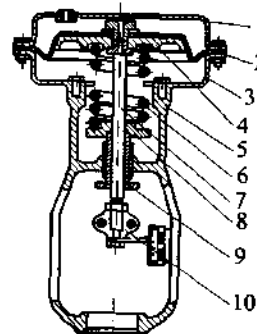


Рис. 4.19. Мембранний виконавчий механізм прямої дії.

них заслінок, одно- і двосідельних шлангових і діафрагмових регульованих клапанів. Основними елементами МИМ прямої дії (ППХ), що побудований за принципом компенсації зусиль є мембранна камера, кронштейн з пружиною і рухлива частина (див. рис. 4.19). Мембранна камера утворена кришками 1, 3 і затиснутою між кришками мембраною 2. Кришка 3 прикріплена до кронштейну 5. Верхня кришка і мембрана утворюють робочу порожнину. Рухлива частина складається з опорного диска 4, до якого прикріплена мембрана 2 і шток 7 із з'єднувальною гайкою 10. Остання призначена для з'єднання штоку механізму зі штоком РО. Пружина 6 одним торцем спирається в опорний диск 4, а іншим через опірне кільце 8 - у регульовальну втулку 9, яка

служить для зміни початкового натягування пружини і напрямку руху штоку. У мембранних пружинних механізмах зворотньої дії (ОПХ) з підвищенням тиску повітря у робочій порожнині (тиск підводиться під мембрану) кінець штоку наближується до площини забиття мембрани, тобто утягується. Мембранні ИМ дуже часто комплектуються боковими чи верхніми ручними дублерами, які призначені для керування РО у випадку аварійного відключення стислого повітря. При цьому бокові дублери забезпечують керування РО ручним способом не тільки у випадку припинення подачі стислого повітря, але і при відмові самого МИМ (зламу пружини, розгерметизація робочої пружини і т.п).

В процесі експлуатації у залежності від умов роботи МИМ його характеристика змінюється. Для запобігання великого гістерезису (не більш 1,5-2% повного ходу РО), який може бути викликаний внутрішнім тертям пружини чи зовнішнім тертям у сальниковому ущільненні штоку, а також з метою підвищення чутливості ИМ до командного тиску застосовуються підсилювачі (позиціонери) потужності із зворотним зв'язком по положен-

ню РО. Позиціонери підвищують бистродію і точність установки штоку ИМ. Для підвищення перестановочних зусиль у кінці ходи штоку звичайні МИМ компонується більш жорсткими пружинами. В таких більш потужних механізмах МИМП менш жорстка пружина застосовується у механізмах прямої дії, а у механізмах зворотної дії - більш жорстка.

Мембрани ИМ звичайно виготовляють із гуми з парусиновим шарком. Іноді застосовують мембрани з неопрена чи з неопрена з парусиновою чи капроновою прокладкою. Останні мембрани тонше гумових і більш міцні.

Механізми типу МИМ ППХ і МИМП ППХ на відміну від *МИМ ОПХ і МИМП ОПХ* розповсюджені більше. Це пояснюється тим, що у двосідельних РО зміна положення «нормально відкрите»(НО) на «нормально закрито» (НЗ) досягається перестановленням положення затвору.

Технічні характеристики механізмів МИМ та МИМП наведені у табл. 4.6, 4.7 та 5.20.

Таблиця 4.6. Робоча хода штоку мембранних виконавчих механізмів.

Тип механізму	Діаметр забиття мембрани, мм					
	160	200	250	320	400	500
МИМ прямої і зворотної дії	6;10	6;10; 16	10;16; 25	16;25; 40;	25;40; 60	40;60; 100
МИМП прямої дії	10	16	25	40	60	100
МИМП зворотної дії	10	10	16	25	40	60

У залежності від комплектації додатковими блоками виконавчі механізми типу МИМ (МИМП) мають наступні позначення: 10-без додаткових блоків; 01 - з боковим дублером; 02 - з позиціонером; 05 - з позиціонером і боковим дублером; 0,1В-з верхнім дублером; 05В - з позиціонером і верхнім дублером.

Таблиця 4.7. Розміри і маса мембранних виконавчих механізмів.

Діаметр забиття мембрани, мм	160	200	250	320	400	500
Діаметр × довжина, мм	200 × 305	250 × 390	310 × 485	380 × 615	470 × 800	570 × 1000
Маса, кг	7	11	20	33	51	120

Максимально припустимий тиск стислого повітря у робочій порожнині механізмів з діаметром забиття мембрани 160 мм складає 0,4 МПа, а з діаметром 200 мм і більше-0,26 МПа. Повний робочий хід вихідного елемента механізму МИМ без позиціонера і з позиціонером, механізму

МИМП з позиціонером здійснюється при зміні пневматичного командного сигналу від 20 до 100 кПа. Повний робочий хід вихідного елемента МИМП без позиціонера здійснюється при зміні сигналу від 100÷130 до 200÷230 кПа.

Виготовляються також мембранні механізми коливальної дії типу МИМ – К, які відрізняються від механізмів типу МИМ тим, що вихідною ланкою у них є важіль. Останній кріпиться до штоку і тяги. Робочий хід кінця важеля 100 мм.

Мембранні пружинні механізми за температурою навколишнього повітря, при якій вони можуть застосовуватись, розподіляються на дві групи: I група для температури від (-50) до 50°C і II група для температури від (-30) до 50°C. Відносна вологість повітря має бути не більш 98%.

Приклад умовного позначення (шифр) – МИМ ППХ-320-40-0,5-1; виконавчий механізм типу МИМ ППХ; 320-діаметр забиття мембрани, мм; 40-умовний хід штоку, мм; 05 - комплектність механізму згідно стандарту (позиціонер і ручний боковий дублер); I-температурна група.

Виготовник-ВАТ «Прикарпатпромарматура» (м. Івано-Франківськ).

Мембранні виконавчі механізми пружинні типу 657,667 за конструкцією майже ідентичні вітчизняним і відрізняються лише формою мембрани та однією із кришок. У нормальних ИМ прямої дії типу 657 і зворотної дії типу 667 застосовані формовані мембрани, еластична частина яких виконана у вигляді гофра. У місцях затиску передбачені кільцеві ущільнюючі виступи. Невелика ширина ущільнюючої поверхні забезпечує герметичність з'єднань мембрани з кришками при невеликому зусиллі. З'єднання кришок досягається меншою кількістю бовтів. Діаметр забиття мембрани у цих механізмах складає від 200 до 500 мм, ефективна площа мембрани від 250 до 1600 см², а умовний хід штоку-від 10 до 100 мм. Деякі технічні характеристики окремих моделей механізмів типу 657 та 667 наведені у табл.4.8.

У виконавчих механізмах типу 657 нижня кришка, а у механізмах типу 667 верхня кришка має більшу висоту. Бокові стінки цих кришок циліндричної форми. Така конструкція кришок і мембрани забезпечує незначну зміну ефективної площини мембрани при переміщенні опорного диску. Пружини виготовляються з каліброваної холоднотягнутої сталі з антикорозійним покриттям, що забезпечує точність розмірів пружини (її середнього діаметру), а у кінцевому рахунку і точність ходових характеристик (до 3%). Шевронна набивка сальника виконана з тефлону по типу "Тефлон V-Ринг", тобто герметичність досягається пружиною, що знаходиться у кулі сальника, яка затискається фланцем. Матеріал сальника може бути також з азбесту чи графіту. Механізми можуть бути оснащені ручними дублерами-верхніми чи боковими.

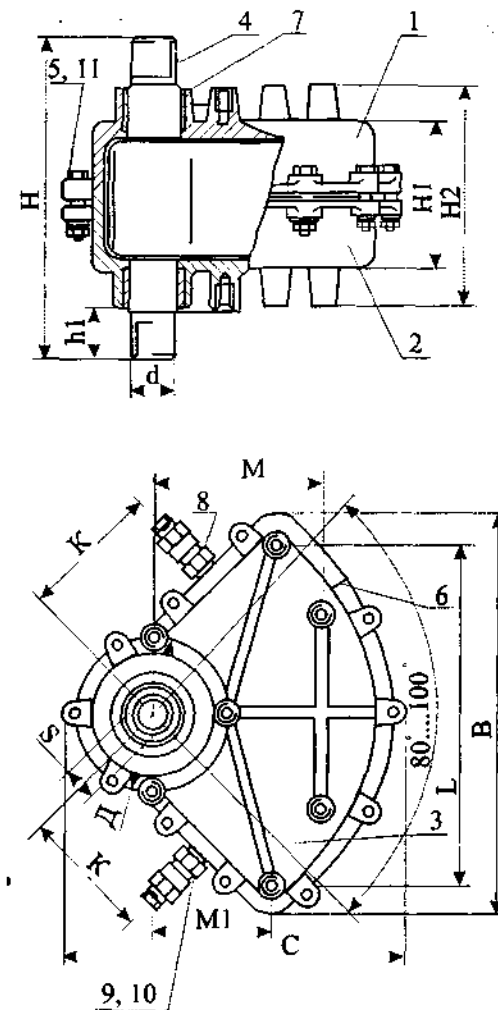
Виготовник – виробнича фірма "Fisher Governor Company" (США).

Таблиця 4.8. Технічні характеристики нормальних мембранних пружинних ІМ типу 657 та 667.

Найменування показника	Номер (модель) виконавчого механізму						
	30	34	40	45	50	60	
Ефективна площа мембрани, см ²	323	484	484	729	729	1096	
Максимальне перестановочне зусилля, кН	4,75	4,75	11,34	11,34	22,68	22,68	
Максимальний умовний хід, мм	19	19	38	38	50,8	50,8	
Максимальний тиск у робочій порожнині, МПа:							
	тип 657	0,75	0,46	0,46	0,35	0,35	0,28
тип 667	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	
Габаритні розміри (діаметр × довжина), мм:							
	тип 657	289 × 440	333 × 498	333 × 548	406 × 659	406 × 722	473 × 722
	тип 667	289 × 478	333 × 573	333 × 594	406 × 768	406 × 784	473 × 784

Пневмодвигуни поворотні типу ППР призначені для приводу поворотної трубопроводної арматури (крани кульові, крани пробкові, шиберні затвори і т.п.). Живлення пневмодвигунів здійснюється стислим повітрям 250–600 кПа. У залежності від величини обертового моменту на валу і кута повороту вихідного валу пневмодвигуни мають чотири виконання, технічні показники яких зведені до табл.4.9.

Принцип дії пневмоприводу оснований на повороті лопаті з вихідним валом під впливом стислого повітря, що надходить в одну з порожнин, яка утворена лопатю і частиною корпусу. При досягненні валом пневмодвигуна крайніх положень здійснюється скидання тиску керуючого сигналу з робочої порожнини пневмодвигуна. Конструкція пневмоприводу наведена на рис. 4.20. В корпусах 1, 2 (верхній і нижній) пневмоприводу розташована лопать 3 з валом. По контуру лопаті (показана пунктиром), у канавці міститься манжета, що забезпечує герметичність між порожнинами. Лопать 3 жорстко з'єднана з валом 4. Корпус 1 і 2 з'єднані поміж собою бовтами 5 і фіксуються від зміщення один відносно іншого штифтами 6. Площина роз'ємів корпусів 1 і 2 ущільнюється герметиком КЛТ-30. Вихідний вал 4 знаходиться у втулках 7, виконуючих функції підшипників. Надходження командного сигналу у порожнини пневмоприводу здійснюється крізь штуцера 8. Регулювання і обмеження кута повороту лопаті 3 забезпечується за допомогою гвинтів 9, які фіксуються гайками 10.



Позначення	РОЗМІРИ, мм													
	С	Н	В	Н1	Н2	Д	С	К	Л	М	М1	h	Н1	d
ППР-1,6-1	106	105	125	44	67	35	9	19	-	-	-	-	-	12
ППР-3-1	143	160	192	56	96	85	14	72	147	70	54	15	32	20
ППР-10-1	197	214	233	88	136	85	22	83	197	100	72	23	39	28
ППР-20-1	253	230	297	98	148	85	24	122	255	130	100	25	43	38

Рис. 4.20. Конструкція і габаритно-монтажні розміри пневмодвигунів типу ППР.

У залежності від оснащення додатковими функціональними пристроями пневмодвигуни поворотні мають виконання, згідно табл. 4.10.

Таблиця 4.9. Технічні показники пневмодвигунів типу ППР.

Виконання пневмодвигунів	Керуючий сигнал тиску, кПа	Обертальний момент на валу, Нм	Діапазон настройки кута повороту вихідного валу, град.
ППР - 1,6	250	16	70÷90
	600	36	
ППР - 3	250	36	70÷110
	600	86	
ППР - 10	250	100	74÷105
	600	240	
ППР - 20	250	200	80÷100
	600	480	

Примітка: Витрата стислого повітря керуючого сигналу має складати 1,5 м³/год у діапазоні температур навколишнього повітря (-15) ÷ 100 °С і 3 м³/год у діапазоні температур (-15) ÷ (-30)°С

Таблиця 4.10. Виконання пневмодвигунів у залежності від оснащення додатковими пристроями.

Позначення виконання	Наявність додаткового функціонального блоку	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
1	2	3	4
ППР-1,6-1	Без додаткових пристроїв	106x105x125	2,2
ППР-3-1		143x160x192	2,8
ППР-10-1		197x214x233	6,8
ППР-20-1		253x230x297	11,7
ППР-3	Сигналізатор крайніх положень пневматичний	191x160x192	3,8
ППР-10		236x214x233	7,6
ППР-20		281x230x297	12,5
ППР-1,6-12	Сигналізатор крайніх положень електричний невибухозахисений	160x116x145	3,1
ППР-3-12		190x168x216	3,7
ППР-10-12		240x209x235	7,4
ППР-20-12		285x227x306	12,3
ППР-3-3	Сигналізатор крайніх положень пневматичний і модулятор	290x220x270	7
ППР-10-3		320x260x320	11
ППР-20-3		358x261x336	19

Закінчення табл. 4.10.

1	2	3	4
ППР-3-5	Сигналізатор крайніх положень пневматичний і пристрій вороття	350x127x292	*
ППР-10-5		457x300x406	
ППР-20-5		560x325x494	
ППР-1,6-9	Пневматичний позиціонер двобічної дії	115x172x245	4,3
ППР-3-9		143x222x253	6,5
ППР-10-9		197x282x257	10,5
ППР-20-9		253x303x324	17,5
ППР-1,6-10	Блок керування і сигналізації пневматичний	165x151x200	4,02
ППР-3-10		200x193x230	4,83
ППР-10-10		244x239x255	8,2
ППР-20-10		289x257x325	13,1
ППР-1,6-11	Блок керування і сигналізації електропневматичний вибухозахисений	236x153x200	5,15
ППР-3-11		271x195x230	5,96
ППР-10-11		315x241x255	9,2
ППР-20-11		360x259x325	14,1
ППР-1,6-4(6)	Блок керування і сигналізації електропневматичний невибухозахисений	230x153x200	5,1
ППР-3-4(6)		235x195x230	6,2
ППР-10-4(6)		310x241x255	9,2
ППР-20-4(6)		355x259x325	14

Примітка: * виготовником не визначено.

Сигналізатор крайніх положень пневматичний призначений для видачі дискретного пневматичного сигналу логічної "1" (110÷154 кПа) в один з двох вихідних штуцерів при розташуванні валу пневмодвигуна у відповідному крайньому положенні і пневматичного сигналу лог. "0" (0÷10 кПа) при інших положеннях вихідного валу. Живлення сигналізатора здійснюється стислим повітрям на рівні 140 кПа.

Сигналізатор крайніх положень електричний (невибухозахисений і вибухозахисений) містить два мікрореле, які спрацьовують при розташуванні валу пневмодвигуна у відповідних крайніх положеннях. Параметри електричного кола, що комутується контактами "НО" чи "НЗ" мікрореле, мають бути не більше 30В і 0,5 А постійного струму. Маркування вибухозахисеного виконання сигналізатора – IExd II СТ6.

Модулятори забезпечують короткочасно на вихідному валу обертальний момент, діючий позмінно у різних напрямках для забезпечення зрушення виконавчих пристроїв, встановлених на потоках рідини за умов можливості її легко кристалізуватися чи полімеризуватися. Вмикання модуляції здійснюється дискретним зовнішнім пневматичним сигналом логічної "1".

Пристрої вороття забезпечують установку валу у будь-яке крайнє положення сигналом лог. "0" за умов зниження тиску у мережі живлення нижче заданого.

Позиціонер пневматичний двобічної дії призначений для приводу поворотних пристроїв шляхом повороту валу на кут, пропорційний вхідному аналоговому сигналу тиском $20 \div 100$ кПа. Клас точності перетворення – 2,5.

Блоки керування і сигналізації, пневматичні електропневматичні (невибухозахищені і вибухозахищені) у комплекті з пневмодвигуном призначені для приводу двопозиційної трубопровідної арматури і сигналізації її крайніх положень. Вибухозахищені блоки керування і сигналізації електропневматичні мають можливість комутації контактів електричних кіл з параметрами не більше 30 В і 0,5 А постійного струму, а невибухозахищені – з параметрами 220 В і 0,5 А змінного струму. Керування цими блоками здійснюється дискретними електричними сигналами лог. "0" (0 В) і лог. "1" (24 В) – для вибухозахищеного виконання та 0 В і 220 В – для невибухозахищеного виконання. Споживча потужність керуючого електричного сигналу складає до 7 Вт.

Виготовник – АТ "Химвтоматика" (м. Северодонецьк).

Засоби технологічного оснащення забезпечують поширення функціональних і якісних характеристик пневмоприводу при застосуванні їх у системах автоматичного керування.

Електропневматичні вузли керування ЕПУУ за призначенням і принципом дії ідентичні вищенаведеним блокам керування і сигналізації, але найчастіше застосовуються у газовій промисловості для відкриття і закриття пневмогідроприводних кранів. У таблиці 4.11 наведені основні технічні характеристики вузлів керування типу ЕПУУ.

Вихідний сигнал усіх вузлів керування пневматичний дискретний і дорівнює величині тиску живлення. Кількість вихідних сигналів 2 (для відкриття і закриття). Мають вибухозахищене виконання з маркуванням 1ExdIIAT3. Керування цими блоками здійснюється електричними сигналами постійного струму 24 і 110 В, а для блоку ЕПУУ – 11 є виконання, що розраховані для керування сигналом 220 В.

У блоках ЕПУУ – 4 і ЕПУУ – 5 відсутні сигналізатори крайніх положень запірного органу. Монтаж вузлів здійснюється на приводі крану. Застосовуються в умовах температур навколишнього повітря від (-55) до 50 °С з відносною вологістю до 98 %.

Виготовник – ВАТ "Газавтоматика" (м. Калінінград).

Розподільники двопозиційні типу РДВ, клапани розподільчі типу КРВ і КРП за призначенням ідентичні попереднім пристроям за виключенням можливості забезпечення сигналізації крайніх положень пневмо-

приводу. В табл. 4.12 наведені основні технічні характеристики розподільчих пристроїв.

Таблиця 4.11. Технічні характеристики електропневматичних вузлів керування ЕПУУ.

Тип вузла керування	Найменування показника			
	Діаметр умовного проходу крану з пневмоприводом, мм	Тиск повітря (газу) живлення, МПа	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
ЕПУУ – 4	-	1÷9	290x245x240	10,8
ЕПУУ – 5	-	1÷10	290x245x240	10
ЕПУУ – 6	50÷300	1÷10	305x245x240	10,5
ЕПУУ – 7	50÷150	1÷10	295x210x120	6,5
ЕПУУ – 8	50÷400	1÷16	305x200x240	10,5
ЕПУУ – 9	400÷1400	1÷12,5	290x245x240	10,5
ЕПУУ – 10	50÷400	1÷16	305x200x190	6,5
ЕПУУ – 11	400÷1400	0,4÷10	280x185x190	5,8
			450x280x185 *	12 *

Примітка: * габаритні розміри і маса для діаметрів понад 1000 мм.

Розподільники РДВ мають маркування за вибухозахистом 1ExdIICT6, клапани КРВ -1 і КРВ-2 - 1ExdIICT5, а клапани КРВ-3 - 1ExdsIICT5. За видом керування ці пристрої є електропневматичними з ручним дублюванням. Спосіб керування розподільників РДВ-2А, РДВ-3 і

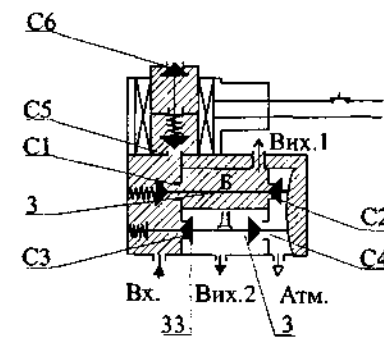


Рис. 4.21. Кінематична схема розподільника типу РДВ-4.

РДВ - 4 - одnobічний з пружинним вороттям. Конструктивне виконання розподільників: РДВ-2А – нормально закритий (при подачі напруги керування він відкривається), РДВ-3 – нормально відкритий; РДВ-4 – нормально закритий і нормально відкритий. На рис. 4.21. представлена кінематична схема розподільника РДВ-4.

Принцип дії розподільника полягає у наступному. З надходженням електричного сигналу керування на електромагнітну систему якір під впливом електромагнітних сил займе крайнє верхнє положення.

Таблиця 4.12. Технічні характеристики розподільників типу РДВ, клапанів типу КРВ і КРП.

Тип пристрою	Напряга сигналу керування, В	Споживча потужність, Вт чи В·А	Робочий тиск, МПа	Протискна здатність, МПа	Робоча температура, °С	Умовний прохід, мм	Приєднувальні розміри зовнішніх отворів, дюйм	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
РДВ-2А, РДВ-3, РДВ-4	24(П)	7	0,1±0,8	0,7	(-50)±70	6	1/4 (3 отвори) 1/8 (4 отвори)	120×100×55	1,2 (1,5*)
РДВ-2А-01, РДВ-3-01, РДВ-4-01	220(З)								
РДВ-2А-02, РДВ-3-02, РДВ-4-02	48(П)								
РДВ-2А-03, РДВ-3-03, РДВ-4-03	220(П)								
РДВ-2А-04, РДВ-3-04, РДВ-4-04	110(П)								
РДВ-2А-05, РДВ-3-05, РДВ-4-05	100(З)								
РДВ-2А-06, РДВ-3-06, РДВ-4-06	100(П)								
РДВ-2А-07, РДВ-3-07, РДВ-4-07	24(З)								
КРВ-1	48(П)	9	0-0,63	0,3	(-40)±70	3	1/4 (2 отв.) 1/2(1 отв.)	120×60×80	1,5
КРВ-2	24 і 48(П), 220(З)	14					1/4(3 отв.)	150×62×62	
КРВ-3	110(П)	20	0,6±10	-	(-60)±55	0,5	M8,5(2 отв.)	170×76×50	2
КРП-1	24(П)	48	0-1	0,155	(-40)±70	2,5	1/8(3 отв.)	75×72×52	1
КРП-1-01	220(З)								
КРП-2	27(П)	25	0-0,0025	-	(-50)±70	2,5	M4,2×1,5 (3 отв.)	124×267×80	3,6

Примітка: * габаритні розміри і маса тільки для розподільників РДВ-4; П і З – відповідно постійний і змінний струм.

Сопло С6 закривається, а сопло С5 відкривається. Вхідний тиск з камери А надійде до камери Г. Під дією тиску у камері Г шток 3 переміщується у положення, при якому сопла С1 і С4 відкриваються, а сопла С2 і С3 закриваються заслінкою 33. При цьому камера Д з'єднується крізь сопло С4 з камерою Е і атмосферою. Отже вихід "вих.1" з'єднується з вхідним пневматичним сигналом, а вихід "вих.2" з атмосферою. Із знаттям керуючого електричного сигналу якір займе початковий стан, камера Г буде з'єднана з атмосферою (при цьому крізь канали у якорі, корпусі і заглушці відбувається миттєве скидання тиску керування з камери Г в атмосферу) і розподільний пристрій під дією пружини повертається у початковий стан. Тобто, розподільник має два виходи, один з них (вих.1) нормально закритий, а другий (вих.2) нормально відкритий.

Принцип дії клапану КРВ (див. рис. 4.22.) полягає у наступному. При вмиканні електромагніту 1 сопло С2 закривається, а сопло С1 відкривається, і робочий тиск з порожнини А надходить у робочу порожнину Р. Клапан може бути використаним як у нормально відкритому, так і у нормально закритому положеннях, змінивши потоки на входи А і R.

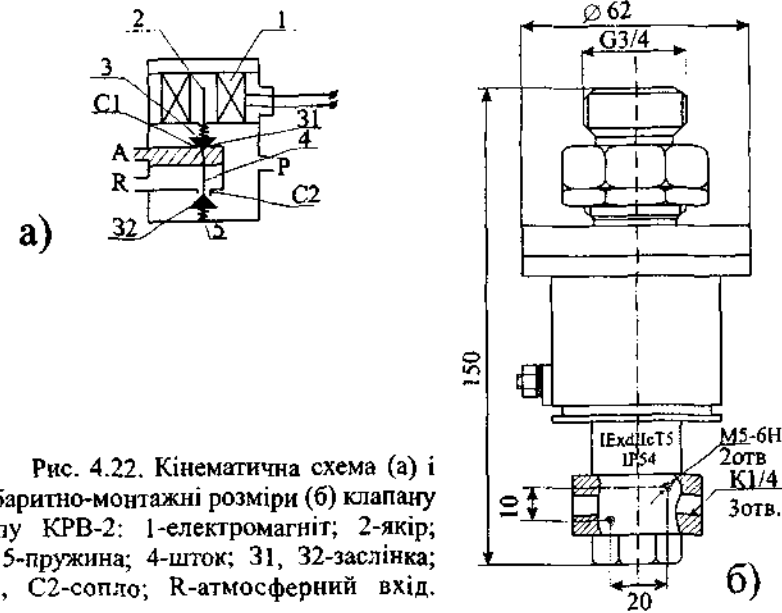


Рис. 4.22. Кінематична схема (а) і габаритно-монтажні розміри (б) клапану типу КРВ-2: 1-електромагніт; 2-якір; 3, 5-пружина; 4-шток; 31, 32-заслінка; С1, С2-сопло; R-атмосферний вхід.

Конструктивне виконання клапану КРП-1 - трьохлінійне, двопозиційне, нормально закрите (струм відкриває) з однобічним електромагнітним керуванням. Виконання клапану дозволяє використовувати його як

нормально закритим, так і нормально відкритим, змінюючи напрямок подачі тиску живлення у відповідні штуцери.

Клапан типу КРПІ-2 на відміну від інших призначений для керування пневматичними потоками в установках хімічної регенерації повітря. Принцип дії клапану оснований на перемиканні газових каналів клапану при переміщенні рухливої частини якоря електромагніта під впливом магнітного поля, що утворюється котушкою електромагніта.

Усі моделі розподільників мають пило- і водозахищене виконання і встановлюються безпосередньо на пневмоприводі.

Виготовник- АТБТ "Автоматика" (м. Воронеж).

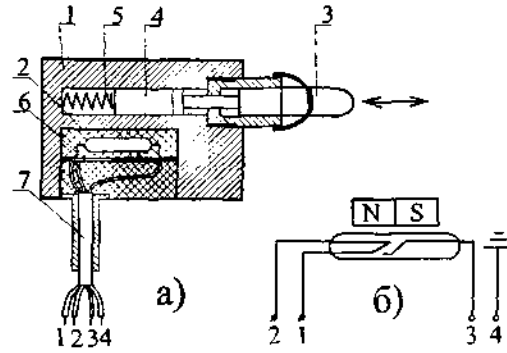


Рис. 4.23. Конструкція (а) і схема електрична принципова (б) вимикача ВВ-3.

Вимикачі вибухозахисені типу ВВ призначені для комутації електричних кіл при досягненні приводом кінцевих положень. Вимикачі виготовляються у декількох виконаннях, технічні характеристики яких представлені у табл. 4.13.

Конструктивно вимикачі ВВ-2 і ВВ-3 складаються (див. рис. 4.23) з комутуючого елемента (геркон) 2 і приводного магнітного пристрою, що містить штовхач 3, постійний магніт 4, пружину 5. Усі перелічені складові розміщені у корпусі 1 зі штуцером для кабельного виводу 7 від клем 6. За відсутності зусилля на штовхач геркон знаходиться зовні магнітного поля, що утворюється постійним магнітом, контакти 1 і 2 замкнені, а контакти 1 і 3 розімкнені (рис. 4.23.б). З виникненням зусилля на штовхачі (привід виконавчого механізму знаходиться в одному з крайніх положень) він переміщується і приводить у рух постійний магніт, магнітне поле якого впливає на геркон. При спрацьовуванні геркону контакти 1 і 2 розімкнуться, а контакти 1 і 3 замкнуться. Із зняттям зусилля штовхач і постійний магніт під впливом пружини 5 приймуть початковий стан.

Принцип дії вимикача ВВ-4 дещо відрізняється і полягає у комутуванні електричних контактів магнітокерусомого контакту (геркона) магнітним полем постійного магніту, що змінюється «екраном», жорстко з'єднаним з приводом (рис. 4.24).

Вимикачі вибухозахисені типу ВВ призначені для комутації електричних кіл при досягненні приводом кінцевих положень. Вимикачі виготовляються у декількох виконаннях, технічні характеристики яких представлені у табл. 4.13.

Конструктивно вимикачі ВВ-2 і ВВ-3 складаються (див. рис. 4.23) з комутуючого елемента (геркон) 2 і приводного магнітного пристрою, що містить штовхач 3, постійний магніт 4, пружину 5. Усі перелічені складові розміщені у корпусі 1 зі штуцером для кабельного виводу 7 від клем 6. За відсутності зусилля на штовхач геркон знаходиться зовні магнітного поля, що утворюється постійним магнітом, контакти 1 і 2 замкнені, а контакти 1 і 3 розімкнені (рис. 4.23.б). З виникненням зусилля на штовхачі (привід виконавчого механізму знаходиться в одному з крайніх положень) він переміщується і приводить у рух постійний магніт, магнітне поле якого впливає на геркон. При спрацьовуванні геркону контакти 1 і 2 розімкнуться, а контакти 1 і 3 замкнуться. Із зняттям зусилля штовхач і постійний магніт під впливом пружини 5 приймуть початковий стан.

Таблиця 4.13. Технічні характеристики вимикачів вибухозахисених типу ВВ.

Шифр вимикача	Тип приводного пристрою	Маркування вибухозахисту	Параметри комутації електричних кіл			Габаритні розміри, мм	Маса, кг
			напруга, В	струм, А	потужність, Вт чи ВА		
ВВ-2	Штовхач	ІЕхдс II СТ6	до 220 (П) до 380 (З)	10		112x60x29	0,5
ВВ-2-01	Штовхач з роликом						
ВВ-2-02	Штовхач, якому рух надається через ролик						
ВВ-3	Штовхач	ІЕх II Т6	0,05÷125	$5 \times 10^{-6} \pm 0,25$ (З);	7,5 (З);	100x40x24	0,5
ВВ-3-01	Штовхач з роликом					116x40x24	
ВВ-3-02						132x40x28	
ВВ-3-03	Штовхач	ІЕхд II СТ6	(П,З)	$5 \times 10^{-6} \pm 1$ (П)	30 (П)	160x54x38	0,8
ВВ-3-04	Штовхач з роликом					176x54x38	
ВВ-4	Магнітний «екран»	ІЕхс II Т6				70x39x28	0,6

Примітка: П і З – відповідно постійний і змінний струм; повний прямий робочий хід вимикачів ВВ-2, ВВ-3 не перевищує 2,5мм.

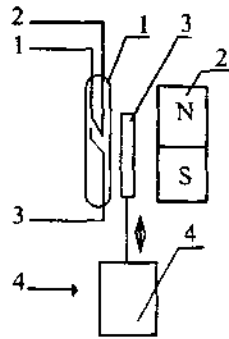


Рис. 4.24. Принципова електрична схема вимикача ВВ-4: 1-геркон; 2-постійний магніт; 3-"екран"; 4-привод.

Варіація спрацьовування по шляху переміщення складає для ВВ-2, ВВ-3 - 1,8 мм, а для ВВ-4 - 2мм. Зусилля прямого спрацьовування для ВВ-2 і ВВ-3 лежить у межах 3÷7 Н. Габаритні і установочні розміри окремих моделей наведені на рис.4.25. Застосовуються в умовах зміни температур навколишнього повітря з відносною вологістю до 100%: ВВ-2- від (-50) до 45°C; ВВ-3 і ВВ-4- від (-60) до 70°C.

Позиціонери пневматичні типу ППС-100 призначені для встановлення на мембранні виконавчі механізми. Модифікація позиціонера визначається типом ИМ, для монтажу на який призначений позиціонер, і межами настройки умовно

ходу вихідної ланки цих механізмів (див. табл. 4.14).

Таблиця 4.14. Технічні характеристики пневматичних позиціонерів типу ППС-100.

Модифікація позиціонера	Межі настройки умовного ходу вихідної ланки, мм	Умовне позначення типу ИМ, для якого призначений позиціонер
ППС-100.25.А	4÷25	МИМ-160
ППС-100.25.Б		МИМ-К-160; МИМ-200; МИМ-К-200; МИМ-250
ППС-100.25.В		МИМ-320; МИМ-400
ППС-100.100.Д	25÷100	МИМ-320; МИМ-400
ППС-100.100.Е		МИМ-500

Принцип дії позиціонера (рис. 4.26а) оснований на методі компенсації моментів на рухливому важелі 1, що утворюється чутливим елементом 2 (сильфон) і пружиною зворотного зв'язку 5. У положенні "Вкл." крану перемикача 10 вхідний сигнал по лінії "Прилад" надходить у сильфон 2. Під впливом сили, що утворюється сильфоном, переміщується важіль 1. Переміщення важеля викличе зміну зазору між ним і соплом 4, що у свою чергу, приведе до зміни тиску повітря у лінії сопла 4 пропорційно тиску вхідного сигналу. Тиск, що утворюється у лінії сопла, надходить далі у керувальну камеру реле підсилювача 9 і формує на його виході підсилений за потужністю (витрати) сигнал, який на лінії "Привод" прямує у камеру мембранного механізму 6. Цей сигнал викличе переміщення вихідної

ланки МИМ, жорстко зв'язаної за допомогою важеля 8 з пружиною зворотного зв'язку 5.

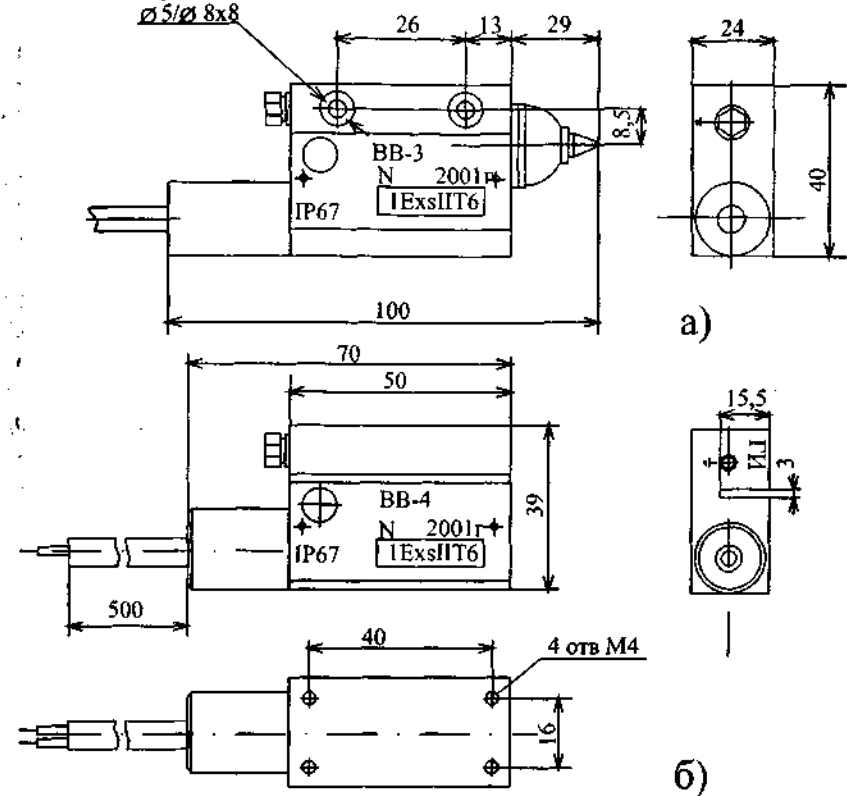


Рис. 4.25. Габаритні і установочні розміри вимикачів типу ВВ-3 (а) і ВВ-4 (б).

Переміщення вихідної ланки (штоку 7) буде відбуватись до тих пір, доки момент, що утворюється пружиною 5 на важелі 1, не врівноважить момент, що утворюється сильфоном 2, тобто до динамічної рівноваги на важелі 1.

Таким чином, кожному значенню вхідного сигналу позиціонера буде відповідати визначене положення вихідної ланки МИМ. Корегування початкового положення вихідної ланки здійснюється пружиною 3. Налаштування максимальної ходи штоку МИМ забезпечується зміною кількості робочих витків пружини 5. У положенні "Відкл." перемикача 10 лінія "Прилад" з'єднується з лінією "Привод" і керування механізмом здійснюється безпосередньо вихідним сигналом.

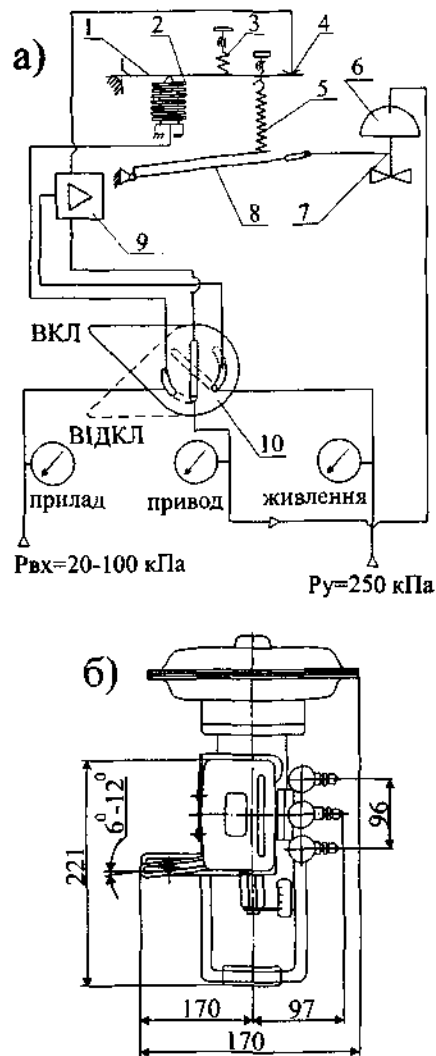


Рис. 4.26. Пневматичний позиціонер типу ППС-100: а-принципова схема; б-монтаж позиціонера на механізмі типу МИМ ОПХ-250.

Позиціонери пневматичні типу ПП також призначені для зменшення розузгодження ходи і підви-

щення бистродії ИМ (поршневих і мембранних) за рахунок уводу зворотного зв'язку по положенню вихідного штоку виконавчих механізмів. Позиціонери однобічної дії ПП-1 комплектуються разом з мембранними ИМ, а двобічної дії ПП-2 – разом з поршневими ИМ. Технічні характеристики позиціонерів наведені у табл. 4.15, а основні модифікації і можливі характеристики ИМ, з якими вони комплектуються, - у табл. 4.16, 4.17.

Клас точності позиціонера - 1, варіація до 1%, чутливість не більше 0,05% абсолютного значення номінального діапазону зміни вхідного сигналу (80 кПа). Позиціонери забезпечують умовний хід ИМ, що відповідає ряду: 4, 6, 10, 16, 25, 40, 60, 100 мм. Поставляються виготовником з настройкою на умовний хід 25 мм. Витрата повітря живлення у перехідному режимі до 4 м³/год, а у сталому режимі 0,2 м³/год.

Застосовуються в умовах зміни температур навколишнього повітря від (-50) до 50°C з відносною вологістю до 95%. Витримують дію вібрації у діапазоні частот 10 ÷ 55 Гц з амплітудою 0,15 мм. Маса позиціонера без урахування монтажних деталей не більше 1,5 кг. До комплекту поставки можуть бути включені фільтр і редуктор тиску повітря.

Виготовник – ВАТ "Саранський приборостроительний завод" (м. Саранськ).

Позиціонери пневматичні

Для підготовки повітря живлення позиціонерів рекомендується застосовувати фільтр-стабілізатор тиску ФСДВ – 10. Експлуатація припустима в умовах зміни температур від (-50) до 60°C. Габаритні розміри – 166x82x160.

Таблиця 4.15. Основні технічні характеристики позиціонерів типу ПП.

Найменування параметра	Позиціонер	
	ПП-1	ПП-2
Вхідний (керуючий) сигнал, кПа	20 - 100	
Тиск живлення, кПа	250, 400, 630	400, 630
Умовний хід вихідного штоку ИМ, мм:		
ПП-1.25	4, 6, 10, 16, 25	-
ПП-1.100	25, 40, 60, 100	-
ПП-2.25	-	10, 16, 25
ПП-2.100	-	25, 40, 60, 100
Межі припустимої основної похибки, %	±1	
Витрата повітря у сталому режимі (м ³ /год) для тиску живлення:		
250 кПа	0,6	-
400 кПа	0,8	1
630 кПа	1,2	1,5
Витрата повітря у перехідному режимі (м ³ /год) для тиску живлення:		
250 кПа	9,1	-
400 кПа	13	13
630 кПа	19	19
Маса, кг	2	2,2

Виготовник – ВАТ "Саранський приборостроительний завод" (м. Саранськ).

Позиціонери електропневматичні типу ЭПП, ЭПП-Ех, ЭПП-"Ор", ЭПП-Ех-"Ор" за призначенням ідентичні попереднім. При цьому позиціонери типу ЭПП-Ех і ЭПП-Ех-"Ор" служать для роботи у вибухонебезпечних зонах в комплекті з бар'єром іскрозахисту пасивним БИП-1.

Таблиця 4.16 Основні модифікації позиціонерів для комплектації з мембранними ИМ

Модифікація і типорозмір	Тип механізму, що комплектується			Конструкція стійки
	Діаметр за-биття мем-брани, мм	Умовний хід вихідного елемента, мм	Вид дії	
ПП-1.25.1**	160	4, 6, 10, 16, 25	Прямий і зворотний	Лита
ПП-1.25.2	200	6, 10, 16, 25		
	250	10, 16, 25	Прямий	ДАЗ*
	400	25		
ПП-1.25.3.	320	16, 25	Зворотний	Лита
ПП-1.25.4.	320	16, 25		
ПП-1.25.5	200	6, 10, 16	Прямий і зворотний	Зварна
	250	16		
ПП-1.25.6	320	16	Зворотний	
	400	25		
ПП-1.25.14	250	25	Прямий	Шестикутник чи коло
ПП-1.100.2	250	40	Зворотний	Лита
ПП-1.100.4	320	40, 60	Прямий і зворотний	ДАЗ*
	400	25		
ПП-1.100.5	250	25, 40	Прямий і зворотний	Зварна
ПП-1.100.6	320	25		
	320	40, 60	Зворотний	
	400	25		
	400, 500	40	Прямий і зворотний	
ПП-1.100.7	320	40	Прямий	
ПП-1.100.8	250	40	Прямий і зворотний	Лита
	400, 500	40, 60		
ПП-1.100.9	320, 400, 500	60	Прямий	Зварна
ПП-1.100.10	400, 500	100	Прямий і зворотний	
ПП-1.100.11	400, 500	60	Зворотний	
ПП-1.100.14	250	40,60	прямий	Шестикутник чи коло

Примітка: *Дунаєвський арматурний завод (ДАЗ); **остання цифра позначення типорозміру відповідає порядковому номеру монтажного комплекту.

Таблиця 4.17. Модифікація позиціонерів для комплектації з поршне-вим ИМ.

Модифікація і типорозмір	Тип механізму, що комплектується
ПП-2.25.12	Поршневі ИМ з умовною ходою вихідного елемента від 10 до 25 мм, до того ж поворотні механізми ФЦ 99
ПП-2.100.13	Поршневі ИМ з умовною ходою вихідного елемента від 25 до 100 мм

Це забезпечує іскробезпечність вхідного кола з маркуванням вибухозахисту "ОЕхІаІСТ6". Бар'єр БИП-1 встановлюється зовні вибухонебезпечної зони. Позиціонери типу ЭПП- "Op", ЭПП-Ех-"Op" захищені від впливу навколишнього середовища – корозійностійки і призначені для роботи у середовищі, що містить до 10 мг/м³ сірководню чи сірчистого ангідриду, а в аварійних ситуаціях (протягом 3-4 год.) – до 200 мг/м³.

Діапазон зміни вхідного електричного сигналу постійного струму для бар'єру БИП-1 та позиціонера складає 0-5, 0(4)-20 мА. Вхідний опір: 0,58 кОм – для діапазону 0-5 мА; 0,115 кОм – для діапазону 0(4) – 20 мА. Тиск повітря живлення – 250, 400, 600, 650 кПа. Клас точності позиціонера – І. Межа припустимої основної похибки (у відсотках від величини умовної ходи) не перевищує ±1. Витрата повітря для позиціонерів однієї та двобічної дії залежить від тиску живлення і відповідно складає (м³/год): 250 кПа – 0,6 і 0,9; 400 кПа – 0,8 і 1,2; 600, 630 кПа – 1,2 і 1,5. Максимальна витрата повітря на виході позиціонера в перехідному режимі для тиску 400 кПа – 18 м³/год. Модифікації позиціонерів для комплектації з виконавчими механізмами представлені у табл. 4.18, 4.19.

Таблиця 4.18. Модифікації позиціонерів типу ЭПП.

Позначення монтажного комплекту	Тип позиціонера	Тип ИМ, що комплектується	Умовний хід вихідного елемента, мм	Вид дії	Конструкція стійки ИМ
1	2	3	4	5	6
1	ЭПП-2,	Пневматичні мембранні приводи серії 2000 СП	10-60	ППХ і ОПХ	Круглі
2	ЭПП-Ех-2, ЭПП-		60-100		
3	"Op"-2,	10-60			
4	ЭПП-Ех-"Op"-2	Поршневі ИМ	60-100		

Закінчення табл. 4.18.

1	2	3	4	5	6
5	ЭПП -1, ЭПП -Ех-1, ЭПП -1, "Ор"-1.	Пневматичні мембранні приводи серії 2000 СП "Стерхавтоматизация"	10-60	ППХ і ОПХ	Круглі
6	ЭПП -Ех-1 "Ор"-1		60-100		

Таблиця 4.19. Технічні характеристики мембранних виконавчих механізмів для комплектації з позиціонерами типу ЭПП -1, ЭПП -Ех-1, ЭПП -"Ор"-1, ЭПП -Ех-"Ор"-1.

Позначення монтажного комплекту	Тип ИМ для комплектації			
	Діаметр забиття мембрани, мм	Умовний хід вихідного елемента, мм	Вид дії	Конструкція стійок
7	160, 200, 250, 320, 400, 500	10-60	ППХ ОПХ	Литі
8	400, 500	60-100		
9	160	10, 16, 25	ППХ ОПХ	Литі
10	200			
	250	10, 16, 25, 40	ППХ ОПХ	Литі
	400	25, 40		
11	320	16, 25, 40	ОПХ	Литі
		16, 25, 40, 60		
	400	25, 40	ОПХ	Литі
12	320	60		
	400		ОПХ	Литі
13	200	10, 16	ППХ, ОПХ	Зварні
	250	16, 25, 40		
	320	25, 40	ОПХ	Зварні
14	320	16, 25, 40		
	400	25, 40	ОПХ	Зварні
	500	25		
	320	40	ППХ, ОПХ	Зварні
15	400	60		
	500		ОПХ	Зварні
16	400	40		
	500		ОПХ	Зварні
17	400	100		
	500			

Виконання позиціонерів вібростійке і віброміцне. Експлуатація можлива в умовах зміни температур навколишнього повітря від (-50) до 60°C і відносній вологості до 95%. Маса позиціонерів однобічної і двобічної дії відповідно 2,3 і 2,5 кг. Габаритні розміри – 217x89x130 мм.

Виготовник – ВАТ "Саранский приборостроительный завод"(м. Саранськ).

4.4 ПРОМИСЛОВА РЕГУЛЮВАЛЬНА АРМАТУРА

Сучасна промислова регулювальна арматура завдяки системі літерних і цифрових індексів, що розроблена конструкторським бюро арматуробудування (ЦКБА, м. Москва), забезпечується кодом умовних позначень. Цей код у системній формі дозволяє зафіксувати деякі основні технічні характеристики виробу, що дає можливість правильного вибору арматури, використанню її за призначенням і підвищенню її контролю під час монтажу. Кодове позначення містить п'ять елементів, розташованих послідовно (за відсутності приводу код виробу складається з чотирьох елементів).

Перші дві цифри позначають тип арматури (табл. 4.20), букви за ними - матеріал корпусу (табл.4.21), одна чи дві цифри після букв-номер моделі.

У разі наявності трьох цифр після букв-перша з них позначає вид приводу (табл.4.22), а дві наступні-номер моделі. Останні букви вказують на матеріал ущільнюючих поверхонь (табл.4.23) чи спосіб нанесення внутрішнього покриття корпусу (табл.4.24).

В окремих випадках після букв, що свідчать про матеріал ущільнюючих поверхонь, додають цифру, яка позначає варіант виконання його з іншого матеріалу. Виріб без вставних чи наплавлених кілець, тобто з ущільнюючими поверхнями, що виконані безпосередньо на корпусі чи затворі, позначається буквами «бк» (без кілець). Наприклад кодове позначення виконавчої арматури 15с 922нж свідчить: 15-клапан запірний; с-з вуглецевої сталі; 9-електропривід; 22-номер моделі; нж-ущільнюючі поверхні, наплавленні корозійностійкою сталлю.

Для арматури з електроприводами у вибухозахищеному виконанні наприкінці умовного позначення додається буква «Б», а у тропічному виконанні - буква «Т». Поряд з системою ЦКБА користуються кодом, отриманим шляхом скорочення назви виробу. Окремі конструкції позначаються тільки номером креслення, за яким вони виготовлені. Іноді до позначення входить буква, що вказує завод-виготовник арматури.

Таблиця 4.20. Позначення типу арматури.

Тип арматури	Умовне позначення
Кран (пробово – спускний)	10
Кран (для трубопроводу)	11
Запірний пристрій покажчика рівня	12
Клапан (вентиль) запірний	13,14,15
Клапан відсічний	22,24
Клапан зворотній (підйомний і приймальний з сіткою)	16
Клапан запобіжний	17
Затвор зворотній (клапан зворотній поворотній), клапан герметичний	19
Клапан перепускний	20
Регулятор тиску	18,21
Клапан розподільчий	23
Клапан регулювальний	25,26
Клапан змішувальний	27
Засувка	30,31
Затвор поворотний дисковий	32
Засувка шлангова	33
Елеватор	40
Конденсатовідводжувач	45

Таблиця 4.21. Позначення матеріалу корпусу арматури.

Матеріал	Умовне позначення
Вуглецева сталь	с
Легована сталь	лс
Нержавіюча сталь	нж
Сірий чавун	ч
Ковкий чавун	кч
Високоміцний чавун	вч
Латунь, бронза	б
Алюміній	а
Монель – метал	мн
Пластмаси (крім вінілпласту)	п
Вінілпласт	вп
Фарфор	к
Титановий сплав	тн
Скло	ск

Таблиця 4.22. Позначення виду приводу ІУ

Вид приводу	Умовне позначення
Під дистанційне керування	0
Механічний: з черв'ячною передачею	3
з циліндричною зубчастою передачею	4
з конічною передачею	5
Пневматичний	6
Гідравлічний	7
Пневмогідравлічний	6(7)
Електромагнітний	8
Електричний	9

Таблиця 4.23. Позначення матеріалу ущільнюючих поверхонь.

Матеріал	Умовне позначення
Латунь, бронза	бр
Монель – метал	мн
Нержавіюча сталь	нж
Нітрирована сталь	нт
Бабіт	бг
Стеліт	ст
Сормайт	ср
Кожа	к
Ебоніт	э
Гума	р
Пластмаси (крім вінілпласту)	п
Вінілпласт	вп
Фторопласт	фт

Таблиця 4.24. Позначення способу нанесення внутрішнього покриття.

Спосіб нанесення	Умовне позначення
Гумування	гм
Емалювання	эм
Свинцювання	св
Футерування пластмасою	п
Футерування найритом	н

Кріплення арматури до трубопроводу найчастіше забезпечується за допомогою фланцевих з'єднань, а на трубопроводах малого діаметру ($D \leq 80$) розповсюджені і різьбові з'єднання (муфтові). У деяких випадках застосовують і зварні з'єднання. Арматура звичайно постачається з комплектом фланців для з'єднань, деталями для кріплення і прокладками.

Регулювальні клапани при монтажі слід розташовувати на прямих ділянках трубопроводів (направлення потоку середовища повинно відповідати напрямку стрілки на корпусі клапану). Найкраще клапани встановлювати на горизонтальній ділянці у вертикальному положенні. Припускається установка клапану і в інших положеннях обумовлених у інструкціях. Довжина прямої ділянки трубопроводу до і після клапану має бути не менше 10D.

Виконавчі пристрої з пневматичним приводом у залежності від вимог до герметичності та функціональної дії АСР виготовляються: регулювальними, запірно-регулювальними та запірними (відсічними).

У табл. 4.25 наведені окремі типи та основні технічні характеристики цих пристроїв. У запірних клапанах час спрацьовування, звичайно, не обмежується і складає 1-10с у залежності від діаметра умовного проходу. У відсічних клапанах час спрацьовування не перевищує 1с.

Нижче детальніше розглянуті найбільш розповсюджені типи конструкції і характеристики запірно-регулювальних і регулювальних виконавчих пристроїв.

Пневматичні односідельні виконавчі пристрої типу ПОУ призначені для регулювання витрати потоків рідини, пари і газу. Технічні характеристики виконавчих пристроїв ПОУ зведені до табл. 4.26.

Регулювальний орган (див. рис. 4.27) складається з наступних основних частин: корпусу 7; обойми 1, у якій встановлюється втулка 6 з умонтованими в ній сідлом 8 і затвором 4; кришки 9. Ущільнення обойми з корпусом здійснюється за допомогою спірально навитої прокладки 5, а сідла і кришки – за допомогою паронітових прокладок 10 і 11. Переміщення затвору здійснюється виконавчим механізмом, шток 13 якого жорстко зв'язаний зі штоком затвору 4 з'єднувальною гайкою 12. Усі ІУ комплектуються прокладками спірально навитими (ПОУ-7, ПОУ-8, ПОУ-10, ПОУ-11). При цьому фторпластові ущільнюючі кільця 2 піджаті пружиною 3, а у ІУ типів ПОУ-9, ПОУ-12 ущільнюючі кільця виготовлені з азбестової набивки марки АПС. Змащування азбестового сальника здійснюється лубрикатром.

Таблиця 4.25. Технічні характеристики промислових виконавчих пристроїв з пневмоприводом.

Тип	Найменування	Діаметр умовного проходу, мм	Будівельна довжина, мм	Характеристика робочого середовища			Маса, кг	Виготовник
				Середовище	Температура, °С	Умовний тиск, МПа		
1		3	4	5	6	7	8	9
Запірні (відсічні) виконавчі пристрої з вуглецевістю і корозійностійкістю сталі								
ИТШЛ 492125.013	Клапан прохідний фланцевий з сигналізатором	150	480	Дизельне паливо, мас-тила, прісна вода	80	0,6	121,6	АК "Корвет" м. Курган
ИТШЛ 492125.012		100	350		61		140	
ИТШЛ 492125.014		80	310		190		112,6	
ИТШЛ 492125.017	Клапан прохідний фланцевий	20, 40, 50, 80	150	Рідкі і газоподібні середовища	190	1		ТОВ "Фобос" м. Рибінськ
ФБС 94003-П	Клапан прохідний з кінцями під приварювання	25, 32, 50	260, 280, 300	Прісна вода, пароводна суміш, повітря	200		15,4, 15,9, 31,9, 15,7, 24	АТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург
24нж 603ст (НО)	Клапан сильфонний прямоточний з сигналізатором положень золотника з кінцями під приварювання	25	260					
24нж 604ст (НО)		32	280					
24нж 605ст (НЗ)		50	300					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24нж 620п 24гн 620п	Клапан фланцевий	50 100 150	230 350 480	Водні розчинні барвників з вмістом кислот і лугів	140	1,6	28 84 120	АТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург
АЗБ-32	Клапан (відсічний) блочний з кінцями під приварювання	50 100 150 250 400	50 600 800 1000	Повітря і продукти його розділення	(-200) ÷ 80	1,6 1 0,6	20,1 56,3 131 214 485	ВАТ "Криоген-маш", м. Балашиха, Моск. обл.
22с 668п (НО)	Клапан прохідний фланцевий	25	160	Вода, пар, повітря	150	1,6	9,5	ВАТ "Пензенский арматурный завод", м. Пенза
22с 620п		15	130	Газ, рідина, пар, повітря, нафтопродукти	140	1,6	12,4	
22нж 620п9		25	160				14,4	
22тнж 620п		25	140				14,4	
		15	130				13,3	
24нж 641нж	Клапан сильфонний з кінцями під приварювання і блоком кінцевих вимикачів	50 80 100	230 380 430	Теплоносії першого контуру, дисципліна, живильна вода, пароводяна суміш, повітря, азот,	350	4-18	202,5 635 660	АТ "Знамя труда" м. Санкт-Петербург

1	2	3	4	5	6	7	8	9
22нж 615ст (НЗ)	Клапан сильфонний з кінцями під приварювання і датчиком сигналізатором крайніх положень (привід двобічної дії)	10	100	Прісна вода, пароводяна суміш інертного газу і азоту	325	20	37,2	АТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург
22нж 629ст (НО)		15	160				32,5	
22нж 618ст (НО)		32	180				47	
22нж 617ст (НЗ)		20	160				32,5	
22нж 614ст		20	160				43	
22нж 616ст		25	160				31,5	
24нж 637ст (НЗ)		40	200				95,3	
24нж 638ст (НО)	Клапан сильфонний з кінцями під приварювання	50 20 25 32 50 65 100 150	115 160 180 230 340 550	Прісна вода, пароводяна суміш інертного газу, повітря і азоту	350	20	145 39 48,5 110 145 570 670	ВАТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург
22нж 605ст	Клапан (відсічний) кутовий ніпельний (вик.1) чи фланцевий (вик.2), привод з кінцевими вимикачами	10(вик.1) 20(вик.1) 20(вик.2) 32(вик.2)	55 115 110 120	Газоподібний вініл, азот, продукт 16	-20÷200	40	6,9 15 18,5 33,4	ВАТ "Пензенский арматурный завод" м. Пенза

1	2	3	4	5	6	7	8	9
22нж38нж (НО, НЗ)	Клапан (відсічний) фланцевий з ручним дублером	50	300	Нафтогазові середовища, дизпаливо, газ і 5% роз- чин моно- етанол- аміну	(-20) ÷ 200	10	124	Котельни- ковський ар- матурний за- вод м. Коте- льни-ково Волгогр. обл.
		150	590				556	
		200	700				780	
22с40п 22нж40п	Клапан (відсічний) прохідний фланцевий	100	433	Кисень, азот, аргон	(-40) ÷ 50	4	325	АТ "Арма- пром", м. Миргород
		50	230				78	
		150	480				302	
		250	730				612	
		350	1070				1125	
22с32п 22нж32п (НЗ)	Клапан (відсічний) фланцевий	25	160	Середовища, що не ви- кликають корозію до сталі 25Л чи 12х18Н9ТЛ	2,5	120	30	АТ "Арма- гус" м. Гусь- Хрустальний Володимир- ська. обл
		32	180				34,7	
		40	200				43,2	
		50	230				46,3	
		80	310				70	
22нж79п (НО, НЗ)	Клапан (відсічний) фланцевий з ручним дублером	50	230	Середовища, не агресивні до сталей 12х18Н9ТЛ, 08х22Н6Т	4	100	42	Котельни- ковський ар- матурний за- вод м. Коте- льниково Вол- гогр. обл
		80	310				76,4	
		100	350				117,9	
		150	450				184	
		200	600				342	
11с(нж)33п, 11с(нж)34п, 11с(нж)35п	Кран кульовий з кін- цями під приварюван- ня	50	190	Не агресивні до сталей 20, 30С2	2,5	(-60) ÷ 150	45	ПК "Сілав" м. Новгород
		80/50	300				45	
		100/80	480				135	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
М39139-100 М39140-100 /80, 150(вик.2)	Кран кульовий з кін- цями під приварюван- ня	100	350	Вибухонебез- печні, токсичні, нафтопродукти	2,5	(-60) ÷ 190	79	ПК "Сілав" м. Новгород
		150/100	420				80	
		50(ФЛ)	230				25	
ВНИЛ 491816 (вик.2)	Кран кульовий флан- цевий (ФЛ) чи з кін- цями під приварюван- ня (СВ)	50(СВ)	190	Легко спалаху- ючі, вибухопо- жехонебезпеч- ні, токсичні се- редовища, бен- зин, газ	4	(-60) ÷ 190	20,8	
		65/50(ФЛ)	290				26,4	
		65/50(СВ)	190				10,4	
		85/50(ФЛ)	290				27	
		85/50(СВ)	190				30	
		80(ФЛ)	414				80	
		80(СВ)	310				54	
КПЛВ491826 .003 (вик.3)		80	290	Середовища, не агресивні до сталі 20 чи 09ГЧС, чи 12х18Н9Г, чи 10х17Н13МЗТ	(-60) ÷ 190	1 ÷ 4		
							9	
							9,6	
ВНИЛ 494646 (вик.3)	Кран кульовий трихо- довий з кінцями під приварювання (СВ) чи фланцевий (ФЛ)	40(СВ)	165				10,7	
		40(ФЛ)	200				21	
		50(СВ)	216				24	
		50(ФЛ)	230				24	
		65/50(СВ)	190				28	
ВНИЛ 494646 (вик.2)		65/50(ФЛ)	290				26	
		80(СВ)	310				30	
		80(ФЛ)	370				60	
		100/80(СВ)	305				81,5	
		100/80(ФЛ)	350				62	
							92	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Регулювальні виконавчі пристрої з вуглецевої і корозійностійкої сталі									
РК-1М(НО)	Клапан безфланцевий (стягується поміж фланцями трубопровода) з мембранним приводом	50	90	Вода, повітря, пар та інші неспресовані до вуглецевої сталі	180	1,6	13	АТВТ "Улан-Удэнский завод" "Теплоприбор" м. Улан-Уде	
		80	110				15		
	РК-2 (НО,НЗ)	Клапан фланцевий, мембранний привід	50	230		(-200) ÷80	2,5	14,5	
			80	310				14,1	
	Клапан блочний кутовий з кінцями під приварювання, поршневым приводом і ручним дублером		15	500	Повітря та продукти його розділення	(-200) ÷80	1,6	15,4	ВАТ "Криогенмаш", м. Балашиха Моск. обл
			25					15,7	
			50					15,3	
			100					15,7	
			50					17,2	
			150					29,2	
			250					29,2	
			300					28,5	
			50					31,4	
			100					47,5	
25с(нж)566р	Клапан прохідний фланцевий, мембранний привід	50	230	Кисень, азот, аргон	(-40) ÷50	4	56	АТ "Армпром", м. Миргород	
150		480	217						
250		730	550						
300		850	800						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ЛОУ-М (НО,НЗ)	Клапан (запірно - регулювальний) односідельний фланцевий з мембранним приводом	25(НО)	280	Неагресивна до чорних металів, що не містять механічних домішок	(-15) ÷150	1,6	22	АТВТ "Улан-Удэнский завод" "Теплоприбор" м. Улан-Уде	
		25(НЗ)	310				24		
		50(НО)	380				38		
		50(НЗ)	380				40		
		80(НО)	380				70,5		
		80(НЗ)	380				72,5		
	25нж90нж 25нж92нж (НО,НЗ)	Клапан двоходський сильфонний фланцевий з мембранним приводом	50	230	Нейтральні до металів, що контактують з середовищем	(-40) ÷350	4	62	
			80	310				98,5	
			100	380				145	
			150	380				220	
25нж12нж (НЗ)	Клапан односідельний сильфонний з подвійним корпусом з кінцями під приварювання чи штуцеро-ніпельний з мембранним приводом	15	160	Зріджений природний газ і криогенні сероводища (повітря, азот, водень, гелій, оксиди вуглецю, криптон,argon, вуглеводні)	(-70) ÷(-200)	4	41	АТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург	
		20	180				47		
		32	180				62		
25нж136к	Клапан односідельний з місцевим покажчиком положення плунжера, штуцеро-ніпельний з мембранним приводом	6	115				78		
							34		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
M65241	Клапан односідельний силфонний з кінцями під приварювання чи штучерно-ніпельний з мембранним приводом	6	80	Рідкі метанові фракції і азот	(-100) ÷(-200)	4	35	АТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург
25с40нж, 25нж40нж, 25с42нж, 25нж42нж (НО,НЗ)	Клапан двосідельний фланцевий з мембранним приводом	250 300	730 850	Нейтральні до матеріалів деталей, що контактують з середовищем	220		743 1021	АТ "Армагрон", м. Миргород
РК 101.1 (НО,НЗ)	Клапан фланцевий з різними дросельними вузлами (одно- чи двосідельний, розвантажений) позиціонером, ручним дублером і мембранним приводом	25(НО)	230	Вода, водяна пара, нафта, рідкі і газоподібні нафтопродукти	(-40) ÷225	6,3	32,7	ЗАТ "РУСТ-95", м. Москва
		25(НЗ)	300				33,2	
		50(НО)	380				54,6	
		50(НЗ)	430				54,4	
		80(НО)	550				100	
		80(НЗ)	210				99	
100(НО)	40	220	139	139,5				
100(НЗ)	25	260	222	222				
150(НО)	40	260	221	221				
25с48нж 25нж48нж 25с50нж 25нж50нж (НО,НЗ)	Клапан двосідельний фланцевий з мембранним приводом (позиціонер і ручний дублер)	25 40	210 260	Нейтральні до матеріалів деталей, що контактують з середовищем	220	6,3	36 ÷42 54 ÷62	АТ "Армагус", м. Гусь-Хрустальний, Володимирська обл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25с94нж 25с96нж 25нж94нж 25нж96нж (НО,НЗ)	Клапан двосідельний фланцевий з ребристою кришкою і мембранним приводом	25 40 80 100 150 50 80 100 150 200	210 260 380 430 550 300 380 430 550 650	Рідкі і газоподібні, нейтральні до матеріалів деталей, що контактують з середовищем	220 530 (-40) ÷220	6,3 6,4 6,4	32	АТ "Армагус"
25с48/50нж 25нж48/50нж (НО,НЗ)	Клапан двосідельний фланцевий з мембранним приводом	40	260				52	
		80	380				109	
		100	430				172	
		150	550				275	
		50	300				62	
		80	380				107	
25нж586к	Клапан силфонний двосідельний, фланцевий з мембранним приводом	100	430				Котельніковський арматурний завод, м. Котельніково, Волгогр. обл.	
		150	550					
25нж48нжМ1 25нж50нжМ1 (НО,НЗ)	Клапан двосідельний фланцевий з мембранним приводом і ручним дублером	200	650				АТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург	
		50	300	275				
		80	380	500				
M65208	Клапан двосідельний силфонний фланцевий чи з кінцями під приварювання і мембранним приводом	50	438	Не агресивні до матеріалів деталей, що контактують з середовищем; нафтопродукти і газові середовища, що містять H ₂ S і CO ₂ (6-25%)				
		80	530		82			
		65	340		105,8			
M65208	Клапан двосідельний силфонний фланцевий чи з кінцями під приварювання і мембранним приводом	80	380	Зріджений природний газ і криюгенні середовища				
		100	430		79			
		65	340		125			
M65208	Клапан двосідельний силфонний фланцевий чи з кінцями під приварювання і мембранним приводом	80	380	(-40) ÷220				
		100	430		143			
		65	340		149			
M65208	Клапан двосідельний силфонний фланцевий чи з кінцями під приварювання і мембранним приводом	80	380	(-70) ÷(-200)				
		100	430		163			
		65	340		163			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25с37нж 25нж37нж 25с39нж 25нж39нж (НО,НЗ)	Клапан фланцевий з мембранним приводом	80	410	Зріджений природний газ, що містить метанол, диетилгліколь, газовий конденсат, механічні домішки (до 0,2 мм) у кількості 50 мг/м ³	(-40) ÷ 220	16	240	АТ "Арматром", м. Миргород
Регульовальні виконавчі пристрої з чавуну								
25ч35эм 25ч36эм (НО,НЗ)	Клапан діафрагмовий емальований фланцевий з мембранним приводом	15	130	Рідке агресивне середовище: органічні і неорганічні кислоти (за виключенням плавикової і кремнійфтористоводневої); розчини солей будьяких концентрацій; лугів з pH ≤ 11; нейтральні хімічні продукти, фармацевтичні препарати	(-50) ÷ 120	0,6	13,1	АТ "Кролевецький арматурний завод", м. Кролевець Сумська обл.
		20(НО)	150				22,5	
		20(НЗ)					23,5	
		25(НО)	160				23,5	
		25(НЗ)					24,5	
		32(НО)	180				35,5	
		32(НЗ)					37,5	
		40(НО)	200				36	
		40(НЗ)					38	
		50(НО)	230				54	
		50(НЗ)					58,4	
		65(НО)	290				57	
65(НЗ)		61,4						
80(НО)	310	66						
80(НЗ)		70,4						
100(НО)	350	70						
100(НЗ)		74,4						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25ч37нж(НО) 25ч38нж(НЗ)	Клапан двошхідельний фланцевий з мембранним приводом	25 40 50 80 100 150 200 250 300	160 200 230 310 350 480 600 730 850	Рідкі і газоподібні нейтральні до матеріалів деталей, що контактують з середовищем	(-15) ÷ 220	1,6	11 40,9 49,4 82,4 127 181 365 488 734	АТ "Арматус" АТВТ "Чуваровський арматурний завод" с. Чуварово Ульянов. обл.
25ч5п(но) 25ч7п(нз)	Клапан мембранний футерований фланцевий з мембранним приводом і позиціонером. Матеріал футеровки: поліетилен до 60°C, фторпласт 42ЛД - до 110°C, фторпласт 2М-Ж - до 130°C	15 25 32 50 80	130 160 180 230 310	Рідке і газоподібне агресивне середовище	130	1 0,63 0,4 0,3	13,7 21,3 33,5 55 60 118	ДАТ "RI-NAR", м. Рига, Латвія
25ч41нжМ 25ч42нжМ (НО,НЗ)	Клапан одностельний фланцевий з мембранним приводом	15	130	Вода, пар, рідкі і газоподібні середовища неагресивні до матеріалів деталей, що контактують з середовищем	225	1,6	20	АТ "Арматус"

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Регулювальні виконавчі пристрої з кольорових металів								
33а603р	Засувка шлангова фланцева з ручним дублером	50	230	Агресивні середовища, до тогож агресивно-лужні і абразивні пульпи з розміром твердих домішок до 2 мм	50 ±110	0,6	13	АТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург
		80	310				23	
		100	350				46	
		125	400				47	
		150	480				80	
200	600	92						
ЛГЗ	Засувка шлангова фланцева з мембранним приводом	10	120	Вода промислова, хімічно-активні середовища (кислотні, лужні) концентрацією до 24%, харчові і біологічні	90	0,6	1,1	АТ "АРМА-ТЕК" м. Санкт-Петербург
		15	130				1,3	
		20	150				1,8	
		25	160				2,3	
ЛЛ5	Затвор поворотний дисковий із захисним покриттям, стійкий, з поршневим приводом двобічної дії. Виконання за матеріалом корпусу: алюміній, чавун, сталь	50	48	Вода побутова і промислова; хімічно-активні речовини (кислі і лужні) концентрацією до 24%, гідро і пневмолульфи з розміром частинок до 2мм; нейтральні газоподібні середовища; морська вода	110	0,6 1; 1,6	11,8	
		80	58				12,8	
		100	60				17,5	
		125	71				22,6	
		150					25,7	
		200					29,8	
		250					45	
300	83	59,5						

Таблиця 4.26. Технічні характеристики виконавчих пристроїв типу ПОУ.

Тип виконавчого пристрою	Вид дії виконавчого пристрою	Умовний тиск, МПа	Температура середовища, що регулюється, °С	Кодове позначення матеріалу корпусу і кришок регулювального органу			Комплектація виконавчим механізмом	Діаметр умовного проходу, мм	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
				20	Х18Н9Т	Х17Н13М2Т				
ПОУ-7	НО	6,4	(-40) ÷ 225	705	706	—	МИМ ППХ-200-10-10-II	9	10	11
	НЗ							15	20	15,2
								15	20	15
ПОУ-8	НО	16	(-40) ÷ 225	709	710	711	МИМ ОПХ-200-10-10-II	15	20	17,7
	НЗ							15	20	18,6
								15	20	19,2
ПОУ-9	НО	16	225 ÷ 450	719	720	—	МИМ-ППХ-200-10-10-II	15	20	19,7
	НЗ							15	20	20,6
								15	20	21,2
							МИМ-ОПХ-200-10-10-II	15	20	22,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПОУ-10	НО	6,4	(-40) +225	752	753	—	МИМ-ППХ-200-10-10-II	15	505X250X250	14,7
	НЗ			20				14,5		
ПОУ-11	НО	16	225 -450	756	757	758	МИМ-ППХ-200-10-10-II	15	535X250X250	17,2
	НЗ			20				18,1		
ПОУ-12	НО	16	225 -450	769	770	—	МИМ-ППХ-200-10-10-II	15	650X315X250	19
	НЗ			20				19,9		
							МИМ-ОПХ-200-10-10-II	15	700X315X250	20,5
							МИМ-ОПХ-200-10-10-II	20		21,4

Примітка: Мембранний виконавчий механізм може бути укомплектований позиціонером, боковим і верхнім дублером, що збільшує загальну масу виконавчого пристрою відповідно на наступну величину (кг): 2,3; 11,3; 4,5.

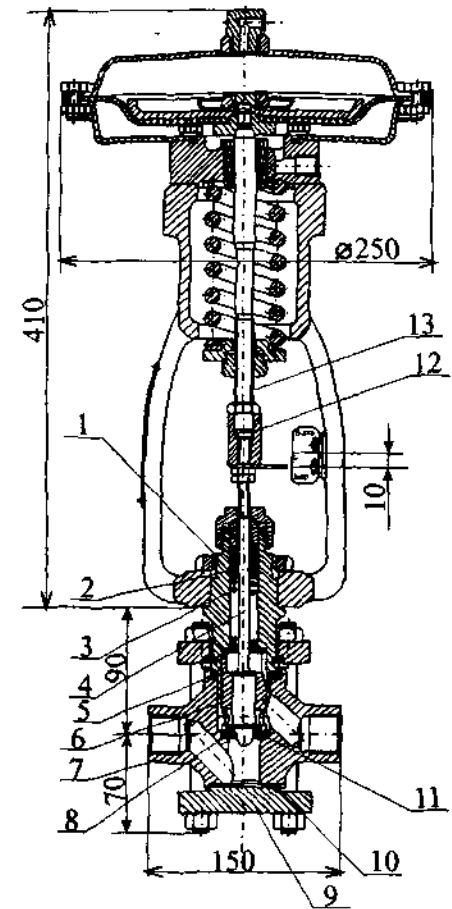


Рис. 4.27. Конструкція та габаритно-монтажні розміри виконавчого пристрою типу ПОУ-7 виконання 10НЗ.

Пристрої ПОУ-7, ПОУ-8, ПОУ-9 є прохідними; а ПОУ-10, ПОУ-11, ПОУ-12 – кутовими. При цьому з'єднання корпусів з трубопроводною лінією пристроїв ПОУ-7, ПОУ-10 – муфтове, а ПОУ-8, ПОУ-9, ПОУ-11, ПОУ-12 – фланцеве. Пропускна характеристика ІУ – лінійна. Умовна пропускна здатність K_{vu} пристроїв з діаметром Ду умовного проходу 15 мм може мати значення одне із наступного ряду (в скобках наведений код, який входить до умовного позначення): 0,1(01); 0,16 (02); 0,25(03); 0,4(04); 0,6(05); 1(06); 1,6(07); 2,5(08) м³/год. Пристрої з Ду 20 мм можуть мати значення умовної пропускної здатності – 1,6(09); 2,5(10); 4(11) м³/год. Негерметичність закриття ІУ не більше 0,05% K_{vu} . Клас точності ІУ без позиціонера – 6, а з опозиціонером – 2,5. ІУ можуть витримувати вібрацію з частотою 25 Гц і амплітудою не більше 0,1 мм.

Приклад умовного позначення ІУ: ПОУ-9 720 10 02 НЗ II, тобто пневматичний односідельний пристрій типу

ПОУ-9 регульовальний, сальниковий, прохідний, фланцевий з регульовальним органом із сталі Х18Н9Т, $P_u=16$ МПа, Ду=20, $K_{vu}=2,5$ м³/год, виконання по комплектації МИМ – 02 (з позиціонером), по виду дії – НЗ, група виконавчих пристроїв – II.

Виготовник – АТ “Конотопський арматурний завод”(м. Конотоп).

Регульовальні клапани прямої дії ЕСПА 04 з пневматичним мембранним виконавчим механізмом прямої дії типу БУП призначені для зміни витрати рідини чи газу у трубопроводах. До складу ІУ входить ручний

верхній дублер і позиціонер типу ЕСПА 04НА05, принцип дії якого оснований на компенсації зусилля чутливого елемента і вимірювальної пружини. Виконавчий механізм може бути встановлений як на двоходовому РО (тип РГ), так і на триходовому РО (тип РИ, змішувальні і розподільчі), конструкція яких відповідно наведена на рис. 4.28 і 4.29. При цьому двоходові РО виконавчих пристроїв типу БУП виготовляються з лінійною і рівновідсотковою (логіарифмічною) пропускною характеристикою, а триходові – з лінійною.

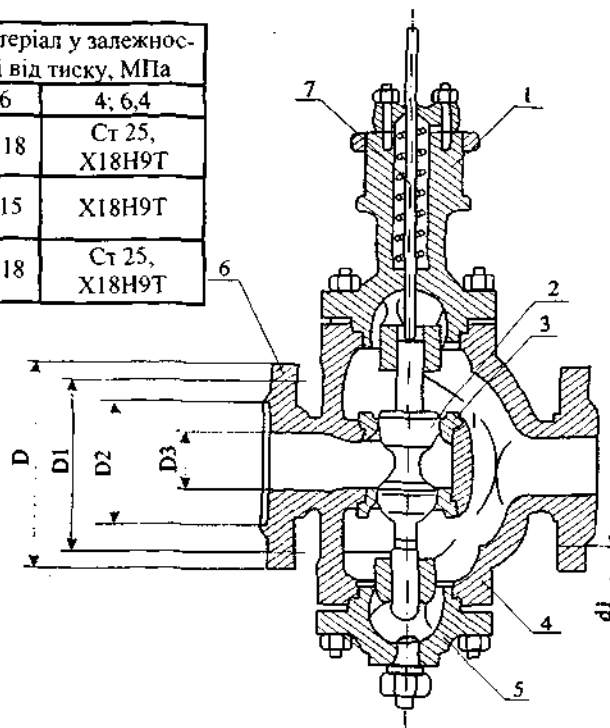
ИУ типу ЕСПА 04 у залежності від діаметру умовного проходу Ду (мм) мають наступні показники умовної пропускної здатності Kvu (м³/год): для Ду=25, Kvu =(4; 6,3; 10); для Ду=50- Kvu =(16, 25; 40); для Ду=80- Kvu =(40; 63; 100). Негерметичність закриття затвору не більше 0,1% Kvu. Клас точності ИУ без позиціонера – 4, з позиціонером – 2,5. Діапазон зміни вхідного сигналу для МИМ у межах 0,02÷0,1 МПа, тиск живлення позиціонера складає 0,25 МПа. Параметри потоку крізь прохід РО повинні бути у межах: температура від (-20) до 225°C для Ру=1,6 МПа; густина для рідини від 500 до 1800 кг/м³, а для газів і пара – без обмежень; кінематична в'язкість не більше 0,86x10⁻⁴ м²/с; вміст твердих домішок з розмірами до 0,05 мм не більше 2% від загальної витрати потоку. Габаритні розміри ИУ (висота x діаметр), мм: для Ду=25 - 133x200; для Ду=50 - 172x260; для Ду= 80 - 230x320; для Ду=100 - 284x400.

Виготовник – Машинобудівний завод “Ф. Козовски”, м. Кнежа (Болгарія).

Виконавчі запірно-регульовальні пристрої кульові типу ИУШ призначені для двопозиційного чи багатопозиційного (аналогового) керування технологічними потоками рідких агресивних середовищ (крім абразивних і тих, що полімеризуються та кристалізуються). Виконання пристроїв у залежності від матеріалу кульового крану, умовного проходу і оснащення функціональними блоками поворотного пневмодвигуна типу ППР наведені у табл. 4.27.

Пристрої з кульовим краном з пентопласту роботоздатні в інтервалі температур робочого середовища від (-5) до 100°C, а з кульовим краном із сталі – в інтервалі температур від (-40) до 150°C. Виконання пристроїв з кульовим краном з пентопласту дозволяють застосування в умовах зміни температур навколишнього повітря від (-5) до 40°C, а з кульовим краном із сталі – від (-30) до 70°C і відносній вологості до 95%. ИУ з блоками керування і сигналізації пневматичними та з позиціонерами придатні для встановлення у вибухонебезпечних приміщеннях усіх категорій, а ИУ з блоками керування і сигналізації електропневматичними – лише у приміщеннях, що дозволяють експлуатацію з видом вибухозахисту “вибухонепроникна оболонка” (ІЕхdsІІСТ6). На рис. 4.30. наведена принципова схема запірно-регульовального кульового виконавчого пристрою з позиціонером.

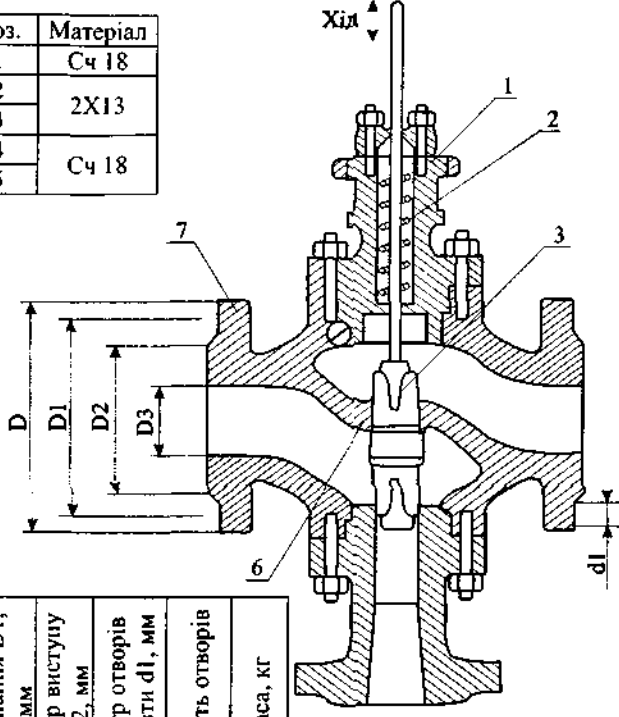
Поз.	Матеріал у залежності від тиску, МПа	
	1,6	4; 6,4
1	Сч 18	Ст 25, X18Н9Т
2	2X15	X18Н9Т
3		
4	Сч 18	Ст 25, X18Н9Т
5		



Умовний діаметр Ду, мм	Умовний тиск Ру, МПа	Зовнішній діаметр D, мм	Діаметр бовтових з'єднань D1, мм	Діаметр виступу D2, мм	Діаметр отворів під бовти d1, мм	Маса, кг
15	1,6	95	65	-	14	8,3
	4,0	95	65	29	14	8,3
	6,4	105	75	29	14	10
25	1,6	115	85	-	14	9
	4,0	115	85	58	14	9
	6,4	135	100	58	18	14
60	1,6	160	125	-	18	20
	4,0	160	125	88	18	20
	6,4	175	135	88	23	29
80	1,6	195	160	-	18	51
	4,0	195	160	121	18	52
	6,4	210	170	121	23	68
100	1,6	230	190	-	23	75
	4,0	230	190	150	23	78
	6,4	250	200	150	25	102
150	1,6	300	250	-	25	148
	4,0	300	250	204	25	171
	6,4	340	280	204	34	227

Рис. 4.28. Конструкція двоходового регульовального органу виконавчих пристроїв типу ЕСПА 04 РГ: 1- верхня кришка; 2- шток із затвором двохдельного РО; 3- сідло; 4- корпус; 5- нижня кришка; 6- фланець (справа-для корпусу з чавкуну, зліва-для корпусу із сталі); 7- пружина з саліньковим ущільненням.

Поз.	Матеріал
1	Сч 18
2	2Х13
3	
4	Сч 18
5	



Умовний прохід Ду, мм	Зовнішній діаметр D, мм	Діаметр бовтового з'єднання D1, мм	Діаметр виступу D2, мм	Діаметр отворів під болти d1, мм	Кількість отворів	Маса, кг
50	160	125	108	18	4	29
65	180	145	128	18	4	39
80	195	160	138	18	4	54
100	215	180	138	18	8	69
150	280	240	212	22	8	123

Рис.4.29. Конструкція триходового регулювального органу виконавчих пристроїв типу ЕСПА 04 РИ: 1-верхня кришка; 2-пружина з сальниковим ущільненням; 3-затвор зі штоком РО; 4-корпус; 5-нижня кришка; 6-сідло; 7-фланець з отворами.

Таблиця 4.27. Технічні характеристики виконавчих пристроїв типу ІУШ.

Тип виконавчого пристрою	Діаметр умовного проходу	Умовний тиск, МПа	Матеріал кулявого крану	Тиск живлення виконавчого пристрою, кПа	Керуючий вхідний сигнал	Вихідний сигнал	Габаритні розміри LxHxB (див. рис. 4.31), мм	Маса, кг
ІУШ-15-10	15	3	ПЕНТОПЛАСТ	250÷600*	“0”-(0-10 кПа); “1”-(110-154 кПа)	140 кПа	205x250x180	4,8
ІУШ-15-11				140**	“0”-0 В “1”-24 В	Замикання “НО” чи розмикання “НЗ” контактів	205x255x250	5,8
ІУШ-25-10	25	1,6	ПЕНТОПЛАСТ	250÷600*	“0”-(0-10 кПа) “1”-(110-154 кПа)	140 кПа	205x280x180	5
ІУШ-25-11				140**	“0”-0 В “1”-24 В	Замикання “НО” чи розмикання “НЗ” контактів	205x280x250	6
ІУШ-50-10	50	1,6	ПЕНТОПЛАСТ	250÷600*	“0”-(0-10 кПа) “1”-(110-154 кПа)	140 кПа	230x370x210	8,1
ІУШ-50-11				140**	“0”-0 В “1”-24 В	Замикання “НО” чи розмикання “НЗ” контактів	230x370x280	9,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ИУШ-25-9СН	25		Сталь 12Х18Н 10Т				285x285x143	15
ИУШ-50-9СН	50	4					285x390x197	20
ИУШ-80-9СН	80						285x395x197	30
ИУШ-100-9СН	100			250÷600*	20-100		370x540x253	50
ИУШ-150-9С	150	2,5	Сталь 20					-
ИУШ-25-9С2С1***	25		Сталь 10Х17Н 13М3Т				225x225x400	15
ИУШ-50-9С2С1***	50						530x260x260	27

Примітка: * живлення для пневмодвигуна; ** живлення для пневматичного блоку керування і сигналізації; *** придатні для застосування в умовах температури робочого середовища до 230°C; цифри 9, 10, 11, що входять до позначення типу ИУШ, свідчать про комплектацію пневмоприводу відповідно позиціонерам, пневматичним і електропневматичним блоком керування та сигналізації вибухозахищеного виконання; габаритні розміри і маса ИУ з кульовим краном із сталі наведені для виконання під приварку до трубопроводу; а ИУ з кульовим краном із пентопласту – для фланцевого з'єднання.

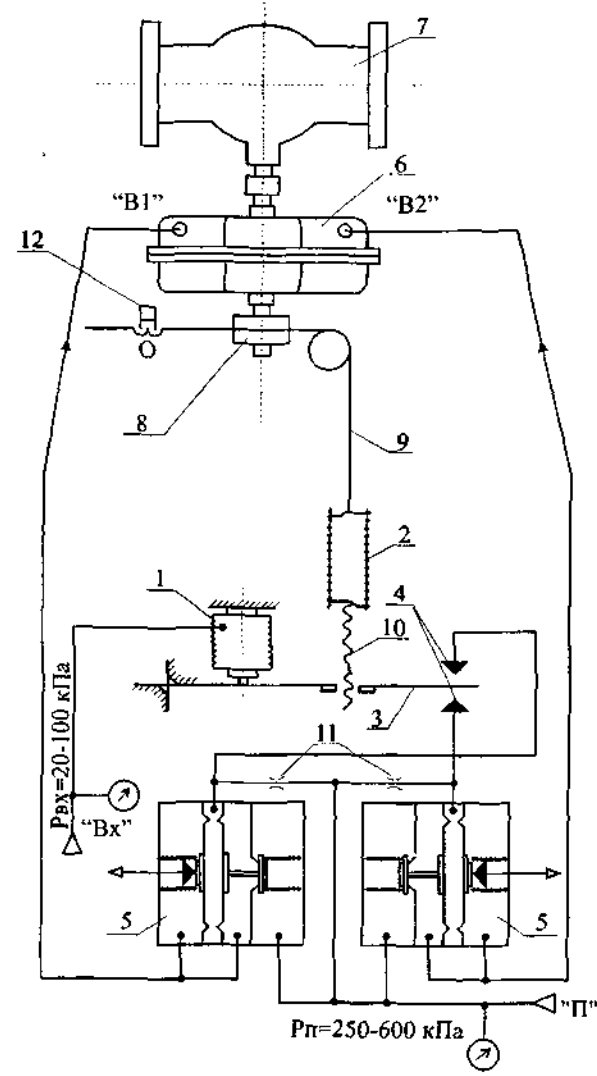


Рис. 4.30. Принципова схема виконавчого пристрою типу ИУШ з позиціонером: "П", "ВХ", "В1" і "В2" - маркування штуцерів.

Принцип дії пристрою оснований на повороті затвору крану на кут пропорційний вхідному пневматичному сигналу від регулятора під впливом зусилля, що утворюється поворотним пневмодвигуном з позиціонером. Вхідний сигнал $P_{вх}$ від регулювального блоку надходить у сильфон

1. Різниця моментів, що утворені сильфоном 1 і пружиною зворотного зв'язку 2, переміщує заслінку 3 у той чи інший бік. Це призведе до зміни тиску у лінії сопел 4. Тиск, що утворюється у лінії сопел прямує у керуючі камери реле5, звідки підсилений за потужністю сигнал надходить в одну з порожнин пневмодвигуна 6, що викличе поворот затвору кульового крану 7. При цьому вал пневмодвигуна через кулачок 8 буде натягувати (послаблювати) пружину зворотного зв'язку. Поворот затвору кульового крану буде відбуватись до тих пір, доки момент, що утворюється пружиною зворотного зв'язку на заслінці 3, не врівноважить момент, що утворюється сильфоном 1. Отже, кожному значенню вхідного сигналу буде відповідати визначене положення затвору кульового крану. Корегування початкового положення затвору кульового крану здійснюють зміною початкового натягнення пружини зворотного зв'язку 2 шляхом зміни натягнення тяги 9 гайками 12. Настроювання кута повороту затвору кульового крану 7

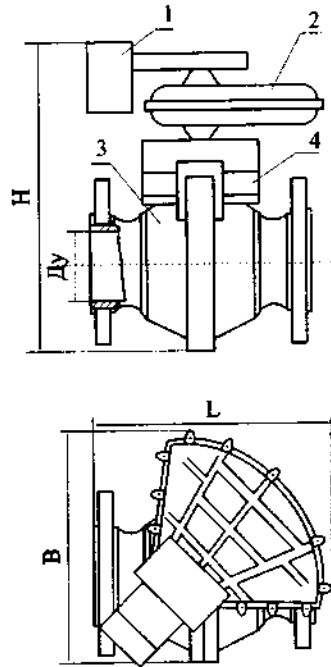


Рис. 4.31. Загальний вигляд виконавчого пристрою типу ИУШ фланцевого виконання: 1-блок керування і сигналізації; 2-пневмодвигун; 3-кульовий кран; 4-кронштейн.

здійснюється зміною кількості робочих витків пружини 2 гвинтом 10. Постійні дроселі 11 виконують роль демпферів для усунення коливань тиску.

Загальний вигляд з позначенням габаритних розмірів ИУ з фланцевим приєднанням до трубопроводу представлений на рис. 4.31. Робоче положення ИУ при монтажі – пневмодвигуном догори, а напрямок подачі потоку середовища крізь кульовий кран може бути будь-яким.

Межа припустимої основної похибки, що наведена до повного кута повороту затвору ИУ, складає не більше $\pm 2,5\%$. Характеристика перетворення керуючого вхідного сигналу у кут повороту затвору пристрою – лінійна. Варіація пристрою не перевищує абсолютного значення межі основної похибки. Середня наробка на відмову не менше 800 спрацьовувань. Пристрої стійкі і міцні до впливу синусоїдальних вібрацій у діапазоні частот 10 – 55 Гц з амплітудою до 0,15 мм (крани з пентопласту) і до 0,35 мм (крани із сталі).

Виготовник – АТ "Хімавтоматика" (м. Северодонецьк).

Виконавчі пристрої запірні кульові типу QH-DR...-B призначені для відкриття чи повного перекриття робочого середовища (стисле повітря, вода, нейтральне середовище) в обох напрямках. Як і попередній пристрій складається з кульового крану і пневматичного поворотного приводу. До приводу може бути безпосередньо прифланцьований розподільник (Nanug 5/2) з електричним керуванням типу MFH-5-1/4-NA. Крім того, керування приводом може здійснюватись за допомогою окремого розподільника. Додатково передбачене оснащення кінцевими вимикачами пневматичними (E-S3-PK-3B), електричними герконовими (E-S3-E-SWB) і індуктивними (E-SIEN-M12NB). Для монтажу розподільника застосовується перехідна плата MFH-5-1/8. Технічні характеристики виконавчого пристрою наведені у табл. 4.28, а на рис. 4.32 і у табл. 4.29. – габаритно-монтажні розміри.

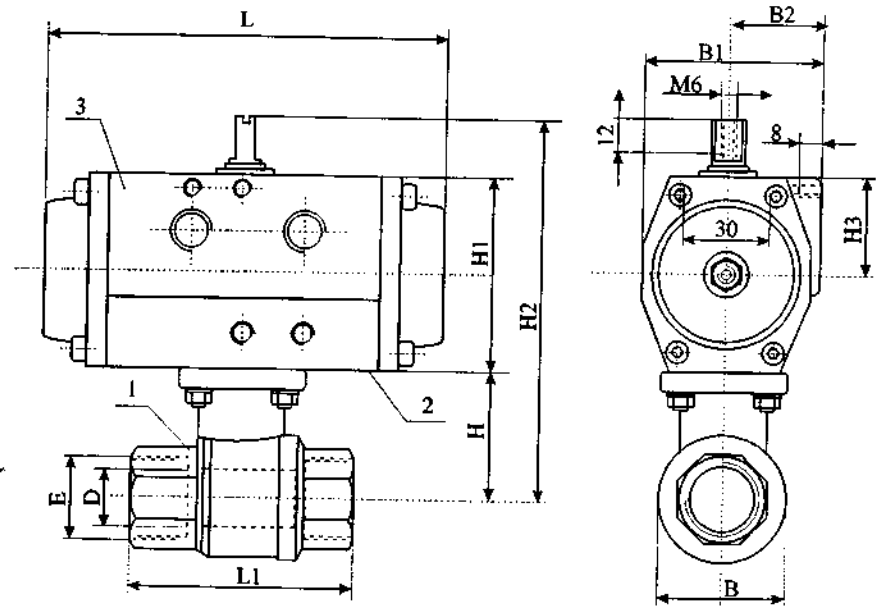


Рис. 4.32. Габаритно-монтажні розміри виконавчого пристрою QH-DR...B: 1-кульовий кран; 2-поворотний пневмопривід; 3-площина для прифланцьовування розподільника.

Виготовник – фірма "FESTO" (Австрія).

Таблиця 4.28. Технічні характеристики запірних виконавчих пристроїв типу QH-DR...B.

Найменування показника	Тип клапану						QH-DR-2-B
	QH-DR-1/4-B	QH-DR-3/8-B	QH-DR-1/2-B	QH-DR-3/4-B	QH-DR-1-1/4-B	QH-DR-1-1/2-B	
Різьба муфтового з'єднання з трубопроводом, дюйм	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2
Максимальний тиск пневмоприводу, бар	10						
Максимальний тиск робочого середовища, бар (при 20°C)	60						40
Діаметр умовного проходу, мм	8	10	15	20	25	32	50
Пропускна здатність, м³/год	5,1	6,8	16	26	47	70	191
Температура навколишнього середовища, °C	(-20)÷85°C						
Температура робочого середовища, °C	(-40)÷200°C (Вода: 4÷160°C)						
Поворотний привід	Корпус з нікельованого алюмінію чи з покриттям; вал з нікельованої сталі (C22)						
Матеріал**	Корпус – MS58 по DIN 20402; Вал – MS58; сідло кульового крану і ущільнення шпindelя – PTFE.						
Маса, кг	1,15	1,2	1,25	1,45	2,3	2,85	4,65
Час перемикання*	0,9	1,1	1,2	1,3	1,2	1,25	1,35

Примітка: * наведені показники відповідають умовам максимального тиску робочого середовища; ** на замовлення може бути виготовлений пристрій для інших робочих середовищ.

Таблиця 4.29. Габаритно-монтажні розміри виконавчого пристрою QH-DR...B.

Тип пристрою	Позначення показників (див. рис. 4.32), мм										
	B	B1	B2	D	E	H	H1	H2	H3	L	L1
QH-DR-1/4-B	25,5	66	37	8	G 1/4	33	67	120	41	138	50
QH-DR-3/8-B	25,5	66	37	10	G 3/8	34	67	121	41	138	60
QH-DR-1/2-B	34	66	37	15	G 1/2	35,5	67	122,5	41	138	75
QH-DR-3/4-B	44	66	37	20	G 3/4	45,5	67	132,5	41	138	80
QH-DR-1-B	53	80,5	44	25	G 1	49,5	83	152,5	42	152	90
QH-DR-1 1/4-B	66	80,5	44	32	G1 1/4	63	83	166	42	152	110
QH-DR-1 1/2-B	79	91	48	40	G1 1/2	69	100	189	46	202	120
QH-DR-2-B	95	91	48	50	G 2	85	100	205	46	202	140

Затвори запірно-регульовальні дискові поворотні типу ЗДП знайшли широке застосування в енергетиці, хімічній, нафтохімічній, цукрової і лакофарбній промисловостях завдяки високій ремонтпридатності, відсутності застійних порожнин, можливості встановлення на лужних середовищах, невеликих масі і габаритних розмірах. Затвори як і кульові виконавчі пристрої комплектуються поворотними пневмодвигунами типу ППР з функціональними блоками, що наведені вище (див. табл. 4.10). При цьому і умовне позначення виконання затворів ЗДП ідентичне кульовим пристроям ИУШ. У табл. 4.29. наведені габаритно-монтажні розміри затворів з ручним керуванням та з керуванням від пневмодвигуна ППР, а на рис.4.33. – загальний вигляд цих затворів з умовними позначеннями, що відповідають позначенням табл. 4.29.

Таблиця 4.29. Габаритно-монтажні розміри і маса поворотних затворів з ручним і пневмоприводом.

Тип затвору	Умовний прохід, Ду, мм	Будівельні розміри, мм		Розміри ЗДП, не більше мм						Маса ЗДП	
				Ручні			З пневмодвигуном			Ручні	З пневмодвигуном
		L	Д	H	H1	L	H	H1	B		
ЗДП-50	50	40	96	230	170	295	-	-	-	5,1	-
ЗДП-80	80	40	134	255	185	365	525	455	265	7,0	10,0
ЗДП-100	100	45	154	280	198	365	585	505	315	9,0	15,0
ЗДП-125	125	46	182	310	215	465	615	520	315	13,0	18,0
ЗДП-150	150	50	209	340	230	465	645	535	315	15,0	20,0

Застосування ИУ у вибухонебезпечних зонах технологічних систем визначається типом функціональних блоків, характеристики яких наведені

у табл. 4.10. ІУ, що містять пневмодвигуни у залежності від застосованих функціональних блоків можуть керуватись як аналоговими так і дискретними сигналами. Аналоговий сигнал – тільки пневматичний, а дискретний – електричний чи пневматичний. Матеріал деталей (полімери, нержавіюча сталь, резина НО-68-1), що контактують з робочим середовищем дозволяють застосовувати затвори в умовах температур від (-30) до 100°C, а тиск середовища не повинен перевищувати 1,6 МПа. Температура навколишнього повітря повинна бути у межах (-30)÷50°C, а відносна вологість до 95%. Приєднання затвору ЗДП до трубопроводу міжфланцеве.

Виготовник – АТ "Хімавтоматика" (м. Северодонецьк).

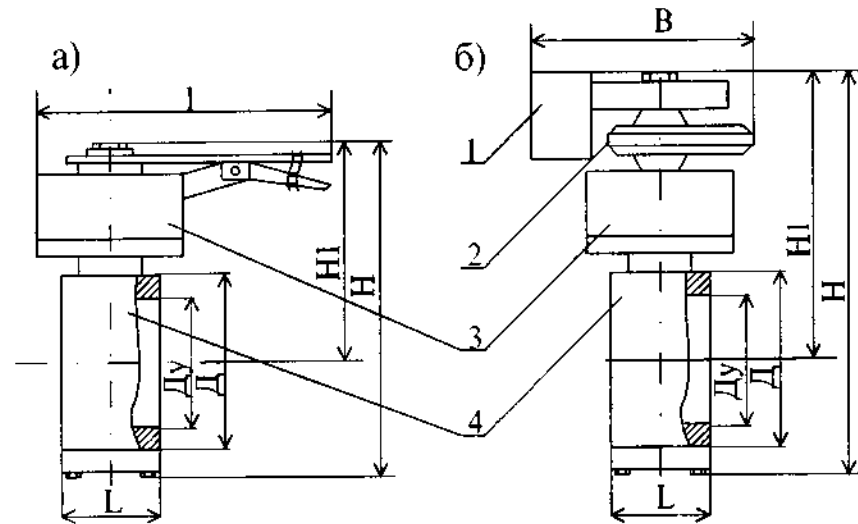


Рис.4.33. Загальний вигляд і габаритно-монтажні розміри затворів з ручним (а) та пневмоприводом (б) типу ЗДП: 1- функціональний блок; 2-пневмодвигун; 3- кронштейн; 4-затвор дисковий.

Виконавчі пристрої з електромагнітним приводом застосовуються звичайно у автоматичних системах позиційного і багатопозиційного регулювання, блокування і захисту. У порівнянні з електродвигунними ІУ вони відрізняються значно простішою конструкцією і схемою керування, меншою вагою і розмірами. Завдяки відсутності редуктора вони більш надійні в експлуатації. Однак застосування їх обмежується не тільки характером позиційної дії, але і невеликою величиною перестановочного зусилля, необхідного для переміщення робочого вихідного органу. У табл. 4.30 наведені окремі типи та основні технічні характеристики цих пристроїв, а нижче більш детально розглянуті типи, конструкції і характерис-

тики деяких запірних і запірно-регулювальних пристроїв.

Клапани електромагнітні двопозиційні типу КЭД призначені для дистанційного керування потоком рідини з температурою від 1 до 60°C і тиском від 0,002 до 0,2 МПа. Клапан характеризується підвищеною стійкістю до агресивного середовища завдяки застосуванню таких матеріалів як титан ВТ-1-0 і гума ИРП-1348. Виготовляються у двох виконаннях КЭД-1 (з сигналізацією крайніх положень) і КЭД-2 (сигналізатор відсутній).

Принцип дії клапана оснований на переміщенні рухливої частини з якорем 1 (див. рис. 4.34) і закріпленої на ній заслінкою 2 з гумовим покриттям за допомогою котушок електромагнітів 3 і 4 та утриманні її у крайніх положеннях магнітним потоком, що утворюється постійними магнітами 5.

Заслінка 2 закриває чи відкриває сопло у корпусі 6. Розвантаження клапану від односторонньої дії робочого середовища здійснюється подачею тиску на заслінку 7 через трубку 8. Контроль стану клапана здійснюється за допомогою геркону 9. При закритому клапані контакти геркону розімкнені, а при відкритому клапані магнітний потік розсіювання навколо корпусу підвищується і замикає контакти. Підвід і відвід робочого середовища відбувається через штуцер корпусу 6 з різьбою М20х1,5. Герметизація місць ущільнення ніпелів під час монтажу здійснюється по циліндричним поверхням діаметром 12Н11. Електричні зв'язки клапану забезпечуються за допомогою вилки 10 (РС – 19ТВ).

Струм, що споживається при спрацьовуванні і напрузі до 34 В, не перевищує 2А. Вихідні кола сигналізатора (див. рис. 4.34) дозволяють комутувати напругу від 6 до 30 В при максимальному струмі навантаження 0,2 А. Час відкриття (закриття) клапану – не більше 0,15 с. Гідравлічний опір клапану при витраті води 100 л/год – не більше 300 мм. вод. ст.. Припустима негерметичність у затворі клапана при максимальному перепаді тиску 0,15 МПа – не більше 0,5 см³/хвил по повітрю і 0,1 см³/год по воді. Діаметр умовного проходу клапана складає 6 мм. Температура навколишнього середовища має бути у діапазоні від 1 до 45°C відносною вологістю до 90%, а тиск – до 0,13 МПа.

Габаритно-установочні розміри клапана КЭД-1 наведена на рис. 4.34, габаритні розміри клапану КЭД-2 складають 56х115х36 мм. Маса клапанів: КЭД-1-0,7 кг; КЭД-2-0,5кг.

Виготовник – АТВТ "Автоматика" (м. Воронеж).

Клапан відсічний вибухозахищений ОКВ -1 призначений для керування газовим потоком з тиском до 0,8 МПа і температурою у діапазоні від (-50) до 70°C. Клапан має маркування вибухозахисту IExdIICT6. Конструктивне виконання клапану – нормально закритий (струм відкриває). Пропускна здатність клапану – 2,5 м³/год, діаметр умовного проходу – 15 мм.

	Конг.	Коло
	1	-27В
	3	
Обмотка 1	8	+27В
	12	
	17	
Обмотка 2	19	-27В
	2	Книжка положення
	18	
Геркон	9	
	11	Сигналізація положення
	5	
	6	
	14	
	15	
Геркон	4	Контроль стиковки
Шунт	7	

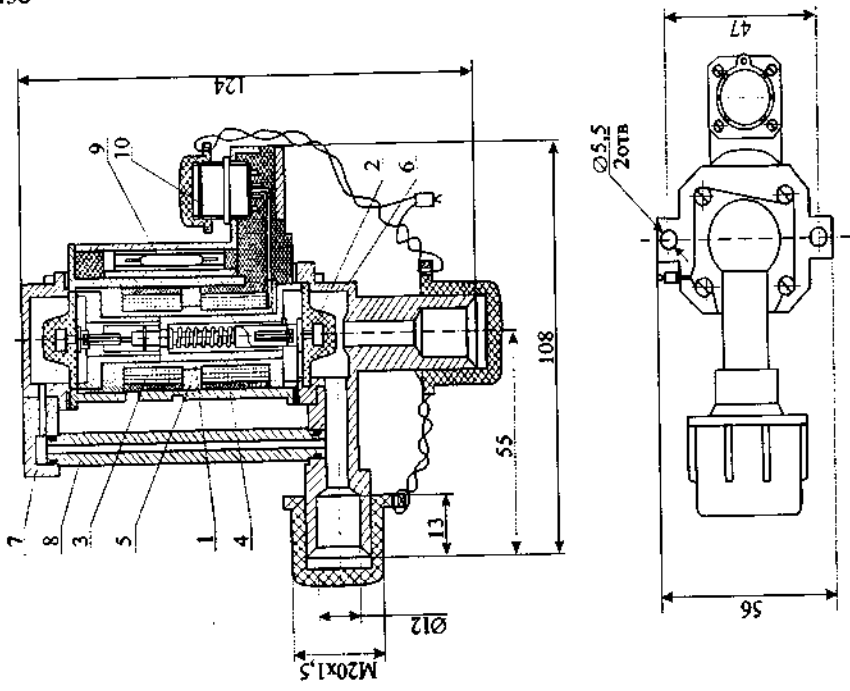


Рис. 4.34. Конструкція (а) і принципова електрична схема (б) клапану КЭД-1.

Таблиця 4.30 Основні технічні характеристики промислових виконавчих пристроїв з електромагнітним приводом.

Тип	Найменування (род струму керування)	Діаметр умовно-го проходу, мм	Будівельна довжина, мм	Характеристика робочого середовища			Маса, кг	Виготовник
				Вид середовища	Температура, °С	Умовний тиск, МПа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Запірні (відсічні) виконавчі пристрої з вуглецевистої та корозійностійкої сталі								
14нж889р	Клапан прохідний штуцерно-торцевий (постійний, змінний)	15	190	Повітря	(-10)+90	0,1	8,2	ВАТ "Пензенский арматурный завод", м. Пенза
		40	293				11,1	
T96562	Клапан сальниковий фланцевий (постійний)	32	85	Конденсат, пари води, паливо	20+105	0,25	12,5	АТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург
13нж829р	Клапан прохідний муфтовий (постійний, змінний)	15	152	Мазут, дизпаливо, пічне паливо.	5+50	0,25	3,9	ВАТ "Пензенский арматурный завод", м. Пенза
		10	143	Рідка газоподібна агресивна, кисень	60	0,4	7	
Б26056(НЗ) Б26055	Клапан прохідний штуцерно-торцевий (постійний)	6	121	Водяний конденсат	40	0,6	6	АТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург
		15	200	Вода технічна	5+40	0,8	4,6	
T26346	Клапан прохідний мембранний фланц. (постійний і змін.)	25	160	Вода, пар	5+140	0,1 + 1,6	7	ВАТ "Пензенский арматурный завод", м. Пенза
		40	200	Повітря	35		10	
T26554	Клапан прохідний фланцевий (постійний)	50	230	Антифриз	(-10)+40		17,5	АТ "Знамя труда", м. Санкт-Петербург

I	2	3	4	5	6	7	8	9
T26209	Клапан мембранний фланцевий (змінний)	25	160 230	Рідкий та газоподібний хладон-12 з мас-тилом ХФ-12-16.	(-2) +45 (рідина) (- 20) +60 (газ)	5-18 мм рт. ст.	7 9,5 10,7 15,2	АТ "Знамя тру- да", м. Санкт- Петербург
I3нж882р	Клапан мембранний фланцевий (змінний)	40	200	Рідкий хладон-22 з мастилом	(-20) +50 0+50	2,3	10,7	
I3нж880р	Клапан штуцерно-торцевий (змінний)	6	130	Рідкий хладон-12.	0+55	2,5	2,2	
T26401	Клапан для холоди- льних установок штуцерний (змінний)	10 15	124 130	Пар, хладон-12, при- сна вода	135 (пар) (-2)+45	0,3; 0,6; 2,5	1,3 1,4	АТ "Корвет" м. Курган
УФ 96514 + 96517	Клапан прохідний штуцерний чи флан- цевий (змінний)	10 15 20 25	74 78 95 97	Рідкий та газоподіб- ний аміак	120	2,5	1,9 2,1 2,4 2,5	ЦКБА, м. Київ
КОМ	Клапан (відсічний) швидкодіючий про- хідний сальниковий з патрубками під приварювання (змін- ний)	25 32 50 80 100 150	220 310 390 520	Мазут, мастила	100	6,4	21 22 55 101 103 210	ВАТ "Тепло- енететика", м. Волгодонськ Ростовська обл.
Розподільчі виконавчі пристрої з вуглецевої і корозійностійкої сталі.								
23нж813р	Клапан чотирьоххо- довий штуцерно- торцевий	6	116	Повітря з відносною вологістю 60%, азот	65	4,5	6,4	АТ "Знамя тру- да", м. Санкт- Петербург

I	2	3	4	5	6	7	8	9
22нж801п	Розподільник трихо- довий для керування пневмоприводом (постійний)	32	252	Стисле повітря	60	530 мм. рт.ст.- 0,03	26,3	
23нж802р	Розподільник трихо- довий штуцерно- торцевий (постійний)	3	55	Повітря, азот, ки- сень, діоксид вугле- цю, водні розчини "МЭЭД"	50	0,4	3,7	
23нж811п	Клапан триходовий і чотирьохходовий	6	200	Повітря з відносною вологістю 60%, азот	65	4,5	12,5	
23нж812р	Клапан триходовий гідравлічний з кінця- мі під приварювання (постійний)	6	116,5	Вода	65	4,5	5,2	АТ "Знамя труда", м. Санкт- Петербург
23нж803п	Розподільник трихо- довий штуцерно- торцевий (постійний)	10	188	Повітря	65	2,5 +5,5	9	
23нж810п	Розподільник трихо- довий з кінцями під приварювання (змін- ний)	10	160	Двооксид вуглецю зріджений	(-30)+ (-2)	0,8+ 15	17	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Запіри виконавчі пристрої з чавуну						
15кч883р *15кч883р1	Клапан мембранний типу СВМ фланцевий (змінний, постійний*)	25 40 50 65	160 170 230 290	Вода прісна, повітря, розсіл	0→45, (-40) →45 (розсіл)	1,6	6,3 7,8 11,5 25,5	АТ "Семеновський завод" м. Семенів Нижгородська обл.
15кч892п1М *15кч892п2М *15кч892п3М *15кч892п4М	Клапан з електромагнітною заслінкою типу СВВ фланцевий (змін., постійний*)	25 50 65	160 230 290	Вода, пара, повітря	5→150	1,6	15,5 20 31	
15кч848п 15кч848п1	Клапан фланцевий (змінний, постійний)	25 40 50 65	160 170 230 290	Рідкий і газоподібний хладон та аміак, повітря, етиленгліколь, водний розчин NaCl і CaCl ₂	(-40) →70	2,5	6,7 8,5 12 25,5	

Таблиця 4.31. Технічні характеристики відсічних клапанів типу ОК-1 і ОК-2.

Виконання	Напруга живлення, В
ОК-1, ОК-1-1, ОК-2, ОК-2-1, ОК-2-2	24(П)
ОК-1-01; ОК-1-1-01; ОК-2-1-01; ОК-2-2-01	220 (З)
ОК-1-02; ОК-1-1-02; ОК-2-1-02; ОК-2-2-02	48(П)
ОК-1-03; ОК-1-1-03; ОК-2-1-03; ОК-2-2-03	220(П)
ОК-1-04; ОК-1-1-04; ОК-2-1-04; ОК-2-2-04	110(П)
ОК-1-05; ОК-1-1-05; ОК-2-1-05; ОК-2-2-05	100(З)
ОК-1-06; ОК-1-1-06; ОК-2-1-06; ОК-2-2-06	100(П)
ОК-1-07; ОК-1-1-07; ОК-2-1-07; ОК-2-2-07	24(З)

Примітка: П і З – відповідно постійний і змінний струм; діаметр умовного проходу відповідних виконань має наступні розміри: ОК-1 – 30мм; ОК-1-1 – 25мм; ОК-2 – 20мм; ОК-2-1 – 15мм; ОК-2-2 – 10мм.

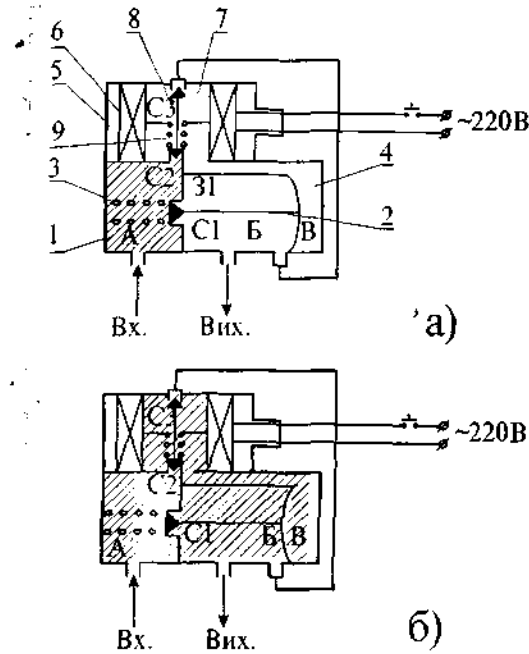


Рис. 4.35. Кінематична схема клапану типу ОКВ-1.

камери Б. При надходженні керуючого електричного сигналу (рис. 4.35 б) на котушку 6, якір 8 займає крайнє верхнє положення, сопло С3 закривається, з'єднуючи камеру А з камерою В. Під впливом тиску у камері В шток 2 переміщується у положення, при якому сопло С1 відкривається і камера А з'єднується з камерою Б.

Зняття електричного сигналу призводить до повернення рухливих частин у початковий стан (рис. 4.35а).

Живлення клапану здійснюється змінним струмом напругою 220 В і частотою 50 Гц. Споживча потужність до 7 ВА.

Присіднання зовнішніх трубопроводних комунікацій здійснюється через два отвори з дюймовою різьбою (див. рис. 4.36.). Застосовується в умовах зміни температури навколишнього повітря від (-50) до 70°C і відносній вологості до 100%. Маса клапану – не більше 1,5 кг.

Виготовник – АТВТ "Автоматика" (м. Воронеж).

Клапани відсічні типу ОК призначені для керування газовими потоками тиском до 1 МПа в установках технологічного обладнання. Клапан

Клапан складається з виконавчого і керуючого пристроїв. Виконавчий пристрій містить корпус 1 (див. рис. 4.35) з соплом С1, у якому розміщений шток 2 з пружиною 3. На штоці встановлена заслінка 31. У початковому стані (рис. 4.35а за відсутності електричного струму на керуючому пристрої) шток займає положення, при якому сопло С1 закрито заслінкою 31 і камера А закрито від камери В. Камера Б відокремлена від камери В силовою мембраною 4.

Керуючий пристрій складається з корпусу 5, у якому встановлена котушка 6 з клемною колодкою і сердечник 7 з якіром 8. Якір підтиснутий пружиною 9 і за відсутності електричного сигналу сопло С2 закрито, а сопло С3 з'єднане з виходом

ОК-1 випускається у 16 виконаннях, а ОК-2 – у 24 виконаннях у залежності від умовного проходу і напруги живлення котушки електромагніта (див. табл. 4.31.).

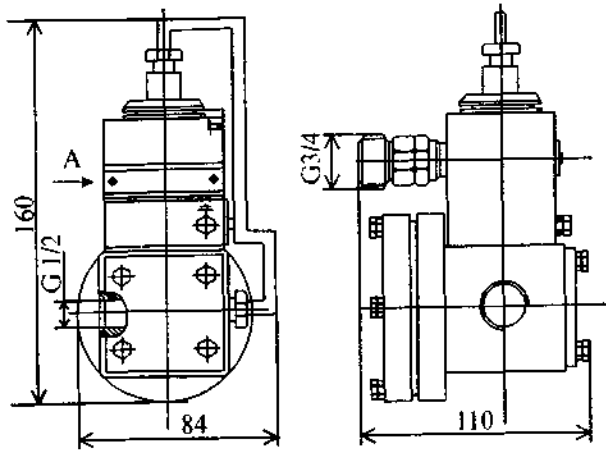


Рис. 4.36. Габаритно-монтажні розміри клапану ОКВ-1.

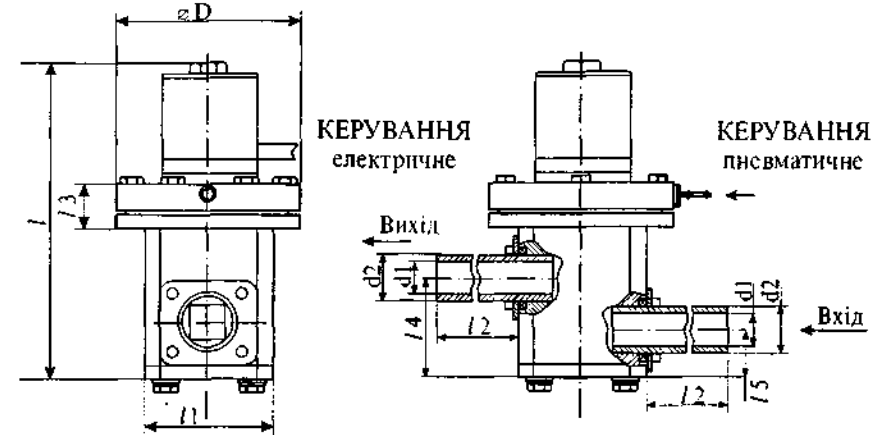
Конструктивне виконання клапану – нормально закритий. За відсутності керуючого тиску клапан закритий зусиллям пружини і однобічним тиском з боку “Входу”. З надходженням напруги живлення на котушку відкривається сопло подачі керуючого тиску, який діє на мембрану, шток і відкриває клапан, що призводить до з’єднання входу з виходом. Якщо напруга електричного живлення відсутня, тиск у камері за мембраною скидається в атмосферу, і мембрана, шток та заслінка повертається у початковий стан під дією пружини і вхідного тиску.

Споживча потужність клапану не перевищує 7 Вт чи 7 ВА. Пропускна здатність відповідних виконань має такі значення (м³/год): 10 для ОК-1; 8 - ОК-1-1; 5 - ОК-2; 2,5 - ОК-2-1; 1,2 - ОК-2-2. Середня наробка на відмову складає не менше 10^6 циклів. Габаритні і монтажні розміри клапанів наведені на рис. 4.37. Маса клапанів (кг): 3,5 - ОК-1; 3,1 - ОК-1-1; 2,5 - ОК-1-1; 2,5 - ОК-2; 1,5 - ОК-2-1; 1,0 - ОК-2-2. До патрубків “Вхід” і “Вихід” приварюються труби з відповідним умовним проходом. Клапан роботоздатний при температурі навколишнього повітря від (-5) до 50°C і відносній вологості до 80%.

Виготовник – АТВТ “Автоматика” (м. Воронеж).

Клапани газові електромагнітні серії ВН, ВФ призначені для використання у системах дистанційного керування газопальникових пристроїв парових і водонагрівальних котлів, теплогенераторів, побутових опалюва-

льних установок та у технологічних трубопровідних системах для керування потоком газу у якості запірно-регулювального органу. Приєднання корпусу клапану до трубопроводу може бути як фланцеве так і муфтове (дюймовою різьба). Основні технічні характеристики клапанів наведені у табл. 4.32. загальний вигляд – на рис. 4.38.



Модифікація клапану	Розміри, мм									
	Dy	1	11	12	13	14	15	D	d1	d2
ОК-1	30	210	65	75	30	94	50	130	36	42
ОК-1-1	25	180	60	75	28	80	40	110	27	34
ОК-2	20	158	50	75	26	59	29	84	21	27
ОК-2-1	15	140	45	75	24	45	24	77	16	21
ОК-2-2	10	125	40	75	22	38	23	70	12,5	17

Рис. 4.37. Габаритно-монтажні розміри клапанів відсічних типу ОК.

Деталі клапану виконані з корозійностійких матеріалів (алюміній, нержавіюча сталь, пентаностійка гума). Сідло клапану захищене від забруднень фільтром, що встановлений на вході клапану. Клапани оснащені штепсельною системою електричного приєднання із умонтованим випрямлячем і контактом заземлення. Для підключення датчиків тиску, контрольних приладів, трубопроводу запалювального пальника та інших елементів у корпусі клапану передбачені патрубки з різьбою 1/4 дюйму.

Таблиця 4.32. Технічні характеристики газових електромагнітних клапанів типу ВН, ВФ.

Позначення	Діаметр умовного проходу Ду(дюйм)	Габаритні розміри, АхСхМ (див. рис.4.38), мм	Маса, кг	Робочий тиск, (не більше) МПа	Номинальна потужність, Вт	Напруга живлення, В		
ВН 1/2Н-4	1/2	91x131x90	1,7	0,4	25	220, 110, 24 – змінний струм частотою 50 Гц чи постійний струм		
ВН 1/2Н-0,2				0,02				
ВН 3/4Н-4	3/4	91x131x90	1,7	0,4				
ВН 3/4Н-0,2				0,02				
ВН 1Н-4	1	105x138x94	1,9	0,4				
ВН 1Н-0,2				0,02				
ВН 1 1/2Н-1	1 1/2	150x165x104	2,95	0,1				
ВН 1 1/2Н-2				0,2				
ВН 2Н-1	2	150x165x104	3,2	0,1				
ВН 2Н-2				0,2				
ВФ 1/2Н-4	1	91x131x90	1,7	0,4			55	220, 110, 24 – змінний струм частотою 50 Гц чи постійний струм
ВФ 3/4Н-4	2 1/2	230x260x135	7,6	0,05				
ВН 2 1/2Н-0,5								
ВН 3Н-0,5	3	255x285x150	9,4	65			220, 110, 24 – змінний струм частотою 50 Гц чи постійний струм	
ВН 4Н-0,5	4	270x305x170	11,5					
ВН 2Н-1	2	190x200x110	4,7	0,1	26	220, 110, 24 – змінний струм частотою 50 Гц чи постійний струм		

Примітка: клапани з Ду ≤ 2" виготовляються з регулятором пропускної здатності і до позначення наприкінці додається літера "К" при цьому габаритні розміри незмінні, а загальна вага підвищується на 0,1 кг; клапани ВФ – нормально відкриті, а ВН – нормально закриті.

Час відкриття/закриття клапану не перевищує 1с, припустима частота вмикань складає понад 300 год⁻¹, а ресурс вмикань лежить у межах (0,5÷1)10⁶. Температура навколишнього середовища має бути у діапазоні від (-30) до 40°С.

Виготовник – СП "ТЕРМОБРЕСТ" (Білорусь-Угорщина-Австрія).

Електромагнітні клапани для рідких середовищ серії ВН призначені для використання у різних пристроях і трубопровідних системах для дистанційного керування потоком рідких середовищ у якості запірно-регулювального органу. Окремі технічні характеристики клапанів цього типу наведені у табл.4.33.

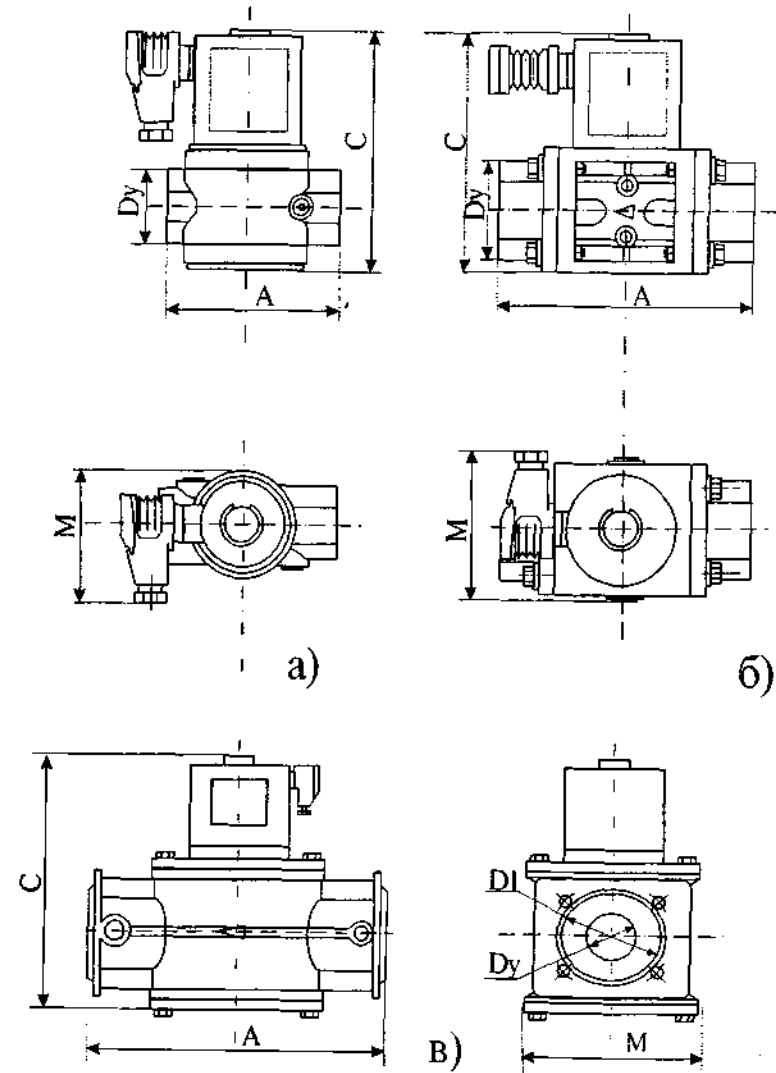


Рис. 4.38. Загальний вигляд електромагнітних газових клапанів: а - тип ВН і ВФ (муфтове виконання) для Ду < 1"; б - тип ВН (муфтове виконання) для Ду у межах (1"÷2"); в - тип ВН (фланцеве виконання) для Ду > 2".

Таблиця 4.33. Технічні характеристики електромагнітних клапанів для рідких середовищ типу ВН.

Позначення	Діаметр умовного проходу Ду, дюйм	Габаритні розміри АхСхМ (див. рис. 4.38а), мм	Маса, кг	Робочий тиск, МПа	Номінальна потужність, Вт	Напруга живлення, В
ВН 1/2С-4	1/2	91х131х90	1,7	0,01÷0,4	25	220, 127, 110, 24 – змінний струм частотою 50 Гц чи постійний струм
ВН 3/4С-4	3/4					
ВН 1С-4	1	105х138х94	1,9			

Примітка: до позначення клапану додається літера "К" для виконання з регулятором пропускної здатності.

Виконання клапану тільки для муфтового з'єднання з трубопроводом. Застосовується для керування потоків з температурою від 5 до 90°С і в'язкістю рідини до 6 сСт. Температура навколишнього середовища має бути у межах від (-15) до 40°С. Усі інші характеристики ідентичні попереднім клапанам.

Виготовник – СП "ТЕРМОБРЕСТ" (Білорусь – Угорщина – Австрія)

Електромагнітні газові трипозиційні клапани серії ВН за призначенням і конструктивним оформленням ідентичні вище приведеним газовим клапанам з муфтовим приєднанням до трубопроводної системи, але на відміну від двопозиційних містять два електромагнітних приводи, що дозволяє здійснювати регулювання витрати газового потоку у деякому діапазоні. Загальний вигляд з позначенням габаритних розмірів цих клапанів представлений на рис. 4.39, а технічні характеристики наведені у табл. 4.34.

Клапани, що наведені у табл. 4.34. дозволяють здійснювати ступінчасте регулювання витрати (0; 50 і 100%). У разі наявності блоку регулювання пропускної здатності діапазон плавного регулювання лежить у межах 5÷100%.

Виготовник – СП "ТЕРМОБРЕСТ" (Білорусь – Угорщина – Австрія).

Клапани електромагнітні запірні газові типу КЗЗГ призначені для встановлення на газопровідних технологічних лініях у якості відсічних виконавчих пристроїв у разі виходу тиску, що контролюється, за задані межі. Технічні характеристики електромагнітних клапанів наведені у табл. 4.35.

Таблиця 4.34. Технічні характеристики трипозиційних електромагнітних газових клапанів.

Позначення	Діаметр умовного проходу Ду, дюйм	Габаритні розміри АхНхМхЕ (див. рис. 4.39), мм	Маса, кг	Робочий тиск, МПа
ВН $\frac{1}{4}$ В-1	3/4	91х199х90х80	3,4	0,1
В $\frac{3}{4}$ В-1				0,02
ВН1В-1	1	105х206х94х80	3,95	0,1
В1В-1				0,02
ВН1 $\frac{1}{2}$ В-1	1 1/2	150х230х104х80	3,95	>0
ВН1 $\frac{1}{2}$ В-2				0,1
ВН2В-1	2	150х230х104х80	4,15	>0
ВН2В-2				0,01

Примітка: мають виконання з літерою "К" наприкінці позначення, що свідчить про наявність регулятора пропускної здатності; відсутні характеристики ідентичні, наведеним у табл. 4.32 для відповідних виконань.

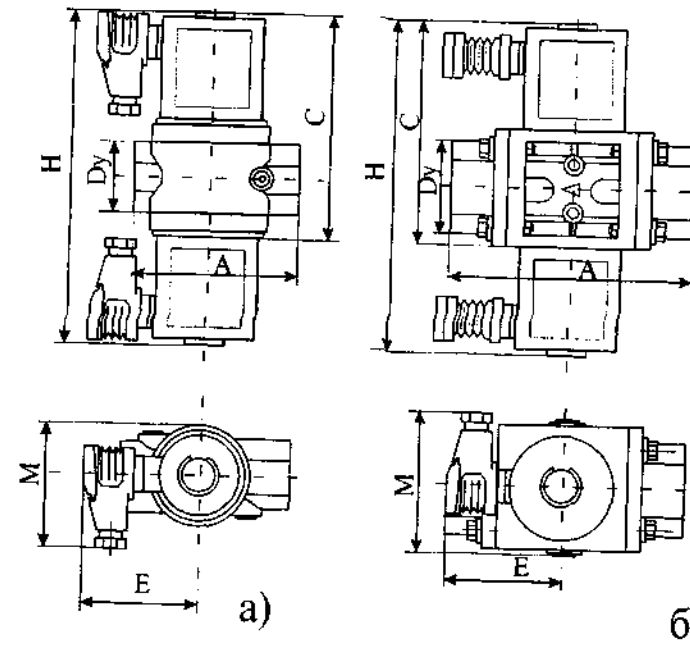


Рис. 4.39. Загальний вигляд трипозиційних електромагнітних газових клапанів: а- виконання для Ду<1"; б - виконання для Ду>1".

Клапан містить (див. рис. 4.40): корпус 1, кришку 2, електромагніт 3, сідло 4, запірний клапан 5, сальниковий пристрій 6, шток 7 і пружину 8. З увімкненням електромагніту 3 клапан 5, долаючи опір пружини 8, надає прохід газовому потоку. Додатково клапан має гумову прокладку, яка лягаючи на сідло 4 та притискаючись пружиною 8 і тиском газу повністю перекриває прохід газу при вимкненні електромагніту.

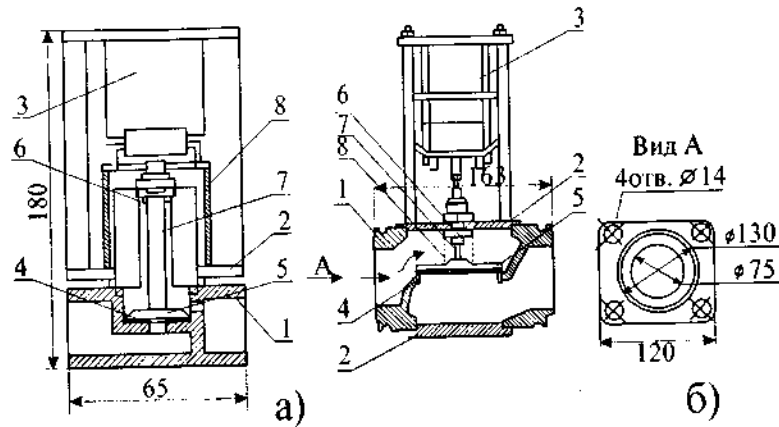


Рис. 4.40. Клапан електромагнітний запірний газовий типу КЭЗГ-65 (б) і КЭЗГ-20; 25 (а).

Застосовується в умовах температур навколишнього повітря від (-15) до 45°C. Номінальний режим роботи електромагніта не повинен перевищувати 120 циклів/год. Напруга живлення електромагніту у діапазоні 190÷141 В і частотою 50 Гц. На замовлення напруга живлення може бути обрана у діапазоні 24÷660 В. Монтаж котушки клапану на трубопроводі природного газу повинен здійснюватись вертикально з відхиленням по вертикалі не більше $\pm 5^\circ$. Після монтажу усі з'єднання мають бути перевірені стислим повітрям на герметичність.

Виготовник – ДАК “Теплоенергетик” (м. Донецьк).

Клапани електромагнітні запірні газові типу КЭЗГ – РВ за призначенням, умовами експлуатації, габаритними розмірами і конструкцією майже ідентичні попереднім, але додатково містять ручку взведення штоку для відкриття проходу газу при подачі напруги на котушку утримання електромагніта. Технічні характеристики клапанів КЭЗГ – РВ наведені у табл. 4.36.

Для керування електромагнітним клапаном найчастіше застосовується формувач керуючого струму ФУТ-1, який формує в момент вмикання імпульс фокусуючого струму з наступним формуванням струму утриму-

вання. Клапан повинен встановлюватись на горизонтальних ділянках газопроводу у вертикальному положенні.

Виготовник – ДАК “Теплоенергетик” (м. Донецьк).

Таблиця 4.35. Технічні характеристики електромагнітних клапанів типу КЭЗГ.

Найменування показників	Тип клапану		
	КЭЗГ -20	КЭЗГ -25	КЭЗГ -65
Максимальний тиск природного газу, МПа	0,3	0,3	0,1
Умовний прохід, мм	20	25	65
Габаритні розміри, мм	160x65x65	180x65x65	320x163x120
Маса клапану, кг	2,95	3,2	9,5
Вид з'єднання	муфтовий		Фланцевий
Привод-електромагніт	ЭМ43-51224		ЭМ33-7111
Потужність електромагніту, ВА	25	25	60
Час відкриття клапану, с	0,26	0,26	0,32
Коефіцієнт гідравлічного опору	14,2	14,2	26,5

Таблиця 4.36. Технічні характеристики клапанів типу КЭЗГ – РВ.

Найменування показника	Тип клапану			
	КЭЗГ -РВ-20	КЭЗГ -РВ-25 (32, 40, 50)	КЭЗГ -РВ-65	КЭЗГ -РВ-100
Максимальний тиск природного газу, МПа	0,3	0,3	0,1	1,2
Умовний прохід, мм	20	25, 32, 40, 50	65	100
Керуюча напруга (частота 50 Гц), В	190÷242 В			220
Електромагніт утримання	ЭМПТ-41	ЭМПТ-42		ЭМПТ-7111
Потужність (зусилля, кг) електромагніту, В*А	35	45		(2,5)
Вид з'єднання	муфтовий		фланцевий	
Коефіцієнт гідравлічного опору	14,2		26,5	—
Маса клапану, кг	2,2	2,6	7,6	85
Габаритні розміри, мм	160x65x65	180x65x65	263x163x120	610x310x340

Клапани електромагнітні імпульсні КЭИ – 1 призначені для автоматичного відключення подачі газу у внутрішні газопроводи і газове облад-

нання приміщень у разі виявлення протікання газу і накопичення оксиду вуглецю. Клапан становить собою односідельний (відсічний) нормально-закритий виконавчий пристрій ручного взведення з електромагнітною зашіпкою (після ручного взведення – клапан відкритий). Виконання клапанів та їх технічні характеристики наведені у табл. 4.37.

Таблиця 4.37. Технічні характеристики електромагнітних відсічних клапанів типу КЭИ – 1.

Виконання клапану	Діаметр умовного проходу Д, мм	Трубна різьба для муфтового з'єднання, дюйм	Габаритні розміри (LxВxH), мм	Маса, кг	Будівельна довжина L1, мм
КЭИ-1-15/12	15/12	1/2	100x45x120	0,6	55
КЭИ-1-20/12	20/12	3/4	102x45x125	0,65	60
КЭИ-1-25/12	25/12	1	105x53x130	0,85	65
КЭИ-1-20	20	3/4	108x54x145	0,85	70
КЭИ-1-25/20	25/20	1	115x54x145	1,2	75
КЭИ-1-32/20	32/20	1 1/4	120x55x155	1,9	84
КЭИ-1-40/20	40/20	1 1/4	120x60x165	2,05	90
КЭИ-1-50/20	50/20	2	125x70x180	2,75	100

Клапан розрахований для температур робочого середовища від 1 до 40°C, на умовний тиск до 4,9 кПа і спрацьовує при надходженні електричного імпульсу напругою від 12 до 30 В. Кожний з клапанів складається з двох корпусів – верхнього 1 і нижнього 2 (див. рис. 4.41). Корпус 2 має вхідний і вихідний патрубки з трубною різьбою для приєднання до газопроводу. Корпус 1 кріпиться до нижнього корпусу 2 чотирма гвинтами. У верхньому корпусі 1 встановлена рукоятка 3 для ручного відкриття клапану та електромагніт із з'єднувальною колодкою 4 для підключення керуючого кола, яка закривається кришкою 5. У робочому стані рукоятка 3 знаходиться нагорі (заслінка 7 відкрита). З надходженням керуючої напруги клапан спрацьовує і якір притягується до електромагніта, утягуючи за собою зашіпку. Тяга 10 переміщується пружиною у нижнє положення і через мембрану 6 закриває заслінкою 7 сопло корпусу 1. Повернення у початковий стан здійснюється вручну. При цьому зашіпка якоря фіксує тягу у верхньому положенні.

Верхній корпус клапану виконаний із сплаву АК 7ч, а нижній – з латуні ЛЦ 40С. Монтаж може здійснюватись у будь-якому положенні. Підключення електричного кола керування виконується шнуром ШВП-У1-2х0,5 або окремими проводами перерізом 0,5 мм², затягнутими у поліхло-

рвінілову трубку. Застосовується в умовах температур навколишнього повітря від 1 до 40°C і відносній вологості до 98%. Вибростійкий в умовах впливу вібрації частотою до 25 Гц з амплітудою до 0,1 мм. Середня наробка на відмову – 135000 год при кількості спрацьовувань не менше 500.

Виготовник – АТ “Хімавтоматика” (м. Харків).

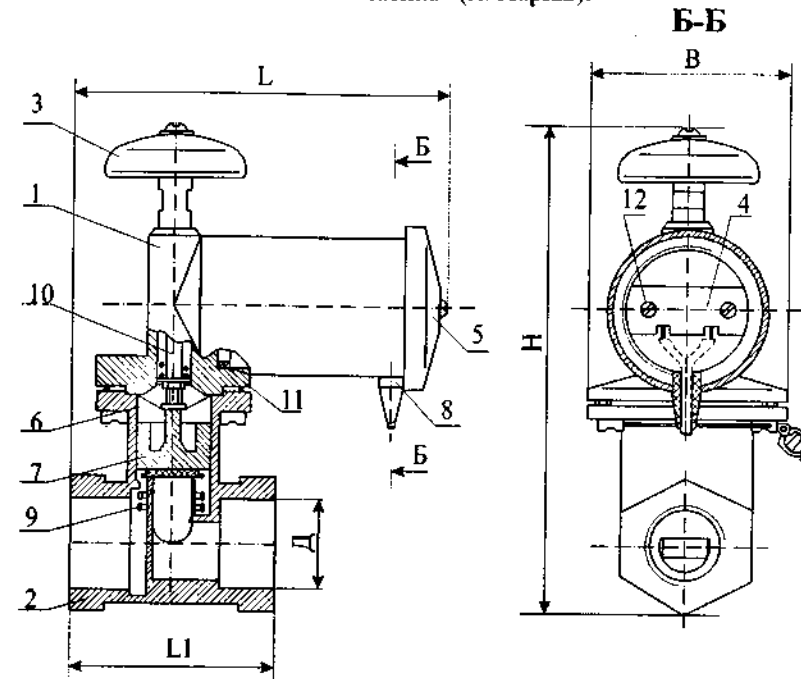


Рис. 4.41. Загальний вигляд клапанів типу КЭИ-1-15/12 (20/12, 20, 25/12, 25/20, 32/20): 1, 2- верхній і нижній корпуси; 3- рукоятка; 4 - з'єднувальна колодка; 5- кришка; 6 - мембрана; 7 - заслінка; 8 - гумова прохідна втулка; 9 пружина; 10 тяга; 11 кільце; 12 гвинти.

Газові електромагнітні клапани типу VG, VS призначені для застосування у якості відсічних пристроїв потоків природного газу у процесі його спалювання. Окремі технічні характеристики цих виконавчих пристроїв зведені до табл. 4.38.

Клапани за швидкістю відкриття та закриття можуть мати виконання типу VG...N(VS...N) чи VG...L(VS...L). Перші відповідають виконанню з швидким відкриттям і закриттям, а другі – повільному відкриттю і швидкому закриттю. За кількістю ступенів клапани мають виконання VG...Z(VS...Z).

Таблиця 4.38. Окремі технічні характеристики електромагнітних клапанів типу VG і VS.

Найменування показника	Тип клапану																
	VG6	VG8	VG10	VG15	VG20	VG25	VG40	VG50	VG65	VG80	VG100	VG115	VG125	VG132	VG240	VG350	
Діаметр умовного проходу, мм	6	8	10	15	20	25	40	50	65	80	100	115	125	132	240	350	
З'єднання з трубопровідною лінією	Муфтове							Муфтове і фланцеве							Фланцеве		
Внутрішня різьба муфтового з'єднання, дюйм	1/8	1/4	1/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2								
Максимальний тиск газу на вході, бар	0,5; 1,8	0,1; 0,2; 0,36; 0,4	0,1; 0,2; 0,36; 0,4	0,1; 0,2; 0,36; 0,4	0,1; 0,2; 0,36; 0,4	0,2; 0,36; 1,8; 0,4	0,2; 0,36; 1,8; 0,4	0,2; 0,36; 1							0,2; 0,36		
Напряса керування, (частота Гц), В	220/240; (50/60); 110(50/60); постійний струм з напругою 24 В																
Номінальна витрата, м ³ /год	1	1,5	2,5	5	15	20	50	80	120	200	300	10	20	35	50	100	

Примітка: максимальна витрата тиску при номінальній витраті не перевищує 5 мбар; перша цифра у позначенні клапанів типу VS свідчить про типорозмір.

Виконання VS...ZN відповідає наявності двох ступенів швидкого відкриття і закриття, а VS...ZL – першої ступені швидкого, а другої ступені повільного відкриття. Наявність двох ступенів поширює діапазон застосування клапану і дозволяє встановлювати на першій ступені потрібну витрату. Крім того, клапани можуть бути виготовлені за такими варіантами: з приладною вилкою; з приладною вилкою і світлодіодом для індикації керуючої напруги; з ущільненням гуми "Вітон" до номінального діаметра 40 мм; із умонтованим кінцевим вимикачем крайніх положень; з роликовим сильфоном для дуже забруднених газів. Корпус клапану виготовлений зі сплаву AISi.

Виготовник - фірма "Kromschroder" (Німеччина).

Повітряні електромагнітні клапани типу VR і заслінки типу MK за призначенням, матеріалом корпусу і виконанням за швидкістю відкриття та закриття ідентичні попереднім. Окремі технічні характеристики зведені до табл. 4.39.

Клапани типу MK для електропідключення містять штекерний роз'єм, а клапани типу VR можуть мати наступні варіанти виконання: з отворами для байпасу; з приладною вилкою; з приладною вилкою і світлодіодом; з умонтованим кінцевим вимикачем для сигналізації крайніх положень.

Виготовник - фірма "Kromschroder" (Німеччина).

Виконавчі пристрої з електродвигуном (моторним) приводом, технічні характеристики яких наведено у табл. 4.40, використовують, як правило за відсутності на об'єктах пневматичної мережі. Далі розглянуті детальніше окремі типи, характеристики і конструкції виконавчих пристроїв з багатообертовим електроприводом, що знайшли широке застосування в газовій промисловості.

Клапани кутові запірні і запірно-регулювальні відповідно типу АК 23031 і АК28016 з багатообертовим електроприводом призначені для встановлення на трубопроводах з потоками робочого середовища температурою від (-50) до 200^oC. При цьому припустимий перепад тисків на регулювальних органах не повинен перевищувати 7 МПа для рідкого і 10 МПа для газоподібного середовища. Коефіцієнт гідравлічного опору запірних клапанів не більше 6. Основне положення клапанів – вертикальне, але за умов густого змащування в електропроводі може бути будь-яким. Приєднання до трубопроводу: фланцеве з лінзовим ущільненням або під приварювання. Матеріал корпусу клапану – сталь 18ХГ чи 12Х18Н10Т.

Клапани з електроприводом типу Б.099.100-02М мають загальнопромислове виконання і вибухозахищене ВЗГ (еЕхеПВТЗ) з електроприводом типу Б.099.101-02М або ВЧА (еЕхвПстІ) з електроприводом типу Б.099.089-02М. Основні технічні характеристики клапанів заведені до табл. 4.41.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15с922нж 15нж922нж	Клапан прохідний фланцевий (вик.2- ТЗ 099.058-01МК У2, Б099.098- 08М1)	40 50 80 100	200 230 310 350	Вода, пара, неагресивні та корозійні середовища	420	4	40 45 88 99	ВАТ "Георгіє- вський арматур- ний завод" м. Георгієвськ, Ставропольсь- кий край
КПЛВ 492154	Клапан сильфон ний з кінцями під приварювання (вик 1)	150	480	Рідке газоподібне слабкої аг- ресивності, теплоносіїй пер- шого контуру, парогазова су- міш, дистилат, конденсат, по- втря, азот, розчинні дезакти- вації і промивання, вода	335	14	230	ВАТ "Пензя- жпромарма- тура" м. Пенза
НГ 26524		200	600				320	
370.657		65	340				212	
13.709		80	380				235	
13.710		100	430				310	
13.711	10	130	29,3					
13.712	15	160	42,3					
13.718	25	180	58,3					
	32	180	130					
	50	230	259,7					
	65	340	420					
	80	380	461,7					
	100	430	24,6					
	25	210	75					
	50	370	90					
	80	390	160					
	100	390	285					
	150	520	780					
	250	830						
	Клапан (відсічний) швидкодіючий, ма- зутний з кінцями під приварювання (МЭО)			Мазута	200	6,4		ВАТ "ОКТЗ" м. Санкт- Петербург

1	2	3	4	5	6	7	8	9
998	Клапан сальнико- вий з патрубками під приварювання (вик. Э)	20	160	Вода	280	37,3	23,1	АТ "Чеховсь- кий завод енер- гетичного ма- шиностроєння" Москв. обл.
1054		50	220				102,7	
999		20	160				23,1	
1055		40	220				92,8	
370.586	Клапан (відсічний) фланцевий швид- кодлючий газовий (МЭО) у вибухози- хищенному чи зви- чайному виконан- нях	100	620	Природний газ	(-20)+ 70	1,2	85	ВАТ "ОКТЗ" м. Санкт- Петербург
370.577		150	650				125	
370.589		200	700				165	
6726		250	740				180	
6727		300	820				272	
6728		400	950				430	
6729		500	1220				740	
6730		600	1440				1157	
6712	700	1500	1256					
6731	800	1600	1732					
ВНИЛ 491815	Кран кульбовий прохідний флан- цевий (вик 4.)	50	282			4	47	ПК "СПЛАВ" м. Новгород
ВНИЛ 494646 (вик.4)	Кран кульбовий з кін- триходовий з кін- цями під приварю- вання чи фланце- вий	32	122	Рідке і газоподібне середо- вище нафтопереробних, це- люлозно-паперових та інших виробництв у залежності від матеріалу корпусу	(-60) +190	1+4	36,2	
ВНИЛ 494646 (вик.3)		145	182				36,8	
		182	190				37,9	
	50	290	37,2					
	100/80	300	41,2					
		350	72					
			92					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Виконавчі пристрої з чавуну та кольорових сплавів.								
30ч925брМ	Засувка з не вису- ним шпindelем фланцева (вик 2)	800	470	Вода	100	0,25	1755	ВАТ "ИКАР" м. Курган
33а903р	Засувка шлангова фланцева	50	230	Агресивні середовища, до то- го ж агресивно-лужні і абра- зивні пульпи з розміром тве- рдих частинок до 2 мм	50÷110	0,6	24	АТ "Знамя тру- да" м. Санкт- Петербурґ.
		80	310				31	
		100	350				83	
		125	400				88	
		150	480				104	
200	600	125						
Регулювальні виконавчі пристрої з вуглецевистої та корозійностійкої сталі								
АТЭК-50- PM	Клапан з кінцями під приварювання (МРО-125/60-0,75)	50	478	Мазут топочний	140÷ 200	4	20	НВФ "АТЭК" м. Москва
АТЭК-80- PM		80	441				25	
АТЭК-100 PM		100	446				25	
АТЭК-150 PM		150	441				35	
АТЭК-200 PM		200	446				81	
25с047нж	Клапан двосдель- ний фланцевий (МЭО-16/25-0,25)	15	130	Мазут та інші рідики і газопо- дібні нейтральні до матеріа- лів деталей що контактують з середовищем	220	4	26,6	АТ "Армагус", м. Гусь- Хрустальний Володимирська обл..
25с201нж	Клапан двосдель- ний фланцевий (МЭО-4/25-0,25)	25	160				32	
		40	200				45	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
25с997нж 25нж997нж (НО)	Клапан фланцевий двосдельний (КТ-1)	15 25	130 210	Рідке і газоподібне нейтраль- не до матеріалів деталей, що стикується з середовищем	(-30)÷ 220	4	20,5	АТ "Армагус" м. Гусь- Хрустальний	
КРП-50М	Клапан живлення котлів безфланце- вий з важелем для приводу (МЭО)	70	260				39,8		
		50	288	Неагресивне до матеріалів деталей, що стикається з се- редовищем	(-5)÷ 180	1,6	8,5	АТВТ "Улан- Удэнский за- вод "Тепло прибор", м. Улан-Уде	
АДБ-53	Клапан блоковий сальниковий кутю- вий з кінцями під приварювання (МЭП-2500/63)	15	318						2,5
		25		1,6	16,6				
КРРП	Клапан з важиль- ним приводом (МЭО) з кінцями під приварювання	50	500	Неагресивна рідина тепло- енергетичних об'єктів і теп- лових мереж	350	2,5	21,3	АТВТ "Волжс- кий машиност- роительный за- вод" м. Ри- бінськ, Яро- славська обл..	
		400	900				570		
		500	850				650		
		600	700				620		
		700	1100				1200		
800	1200	1520							
1000	1500	2650							
Ю.94.316	Клапан з кінцями під приварювання (МЭО)	150	460	Вода	240	4,12	170	АТВТ "Ново- сибирский за- вод химконце- нтратов" м. Новосибірськ	
Ю.94.316. 01							171		
Ю.94.315							180		
Ю.94.315. 01							1,3		365
							1,6		

1	2		3	4	5			6	7	8		9
	Клапан фланцевий двосідельний (МЭО)	Клапан вибухозахищений з кінцями під приварювання (МЭО)			50	230	Кисень, аргон, азот			(-40)+50	4	
25с903бр 25нж903бр			50 150 250 300	230 480 730 850								
АТЭК-50 РМ	Клапан вибухозахищений з кінцями під приварювання (МЭО)		50	300	Мазут	200	6,3	30				НВФ "АТЭК" м. Москва
АТЭК-80 РМ			80	402				35				
АТЭК-100 РМ			100	480				50				
25с998нж 25нж998нж	Клапан двосідельний фланцевий (КТ-1)		15 25 40	180 210 260	Рідке і газоподібне, нейтральне до матеріалів деталей, що контактують з середовищем	(-30)+220	6,3	23 32,8 50				АТ "Армагус" м.Гусь-Хрустальний
КРМ	Клапан прохідний мембранний сальниковий з патрубками під приварювання		40 50 80 100	180 540	Мазут, мастило	100	6,4	20 21 115 116				ТОВ "Теплоэнергетика", м. Волгодонськ Ростовська обл.
751-10-р	Клапан голчастий		10	110				4				
1033-20-р	Клапан важільний з кінцями під приварювання (МЭО)		20	160	Вода	450	6,3+9,8	5,7				АТ "Чеховський завод енергетического машиностроения"
815-40-р ^в	Засувка дросельна		40			545	25	19,5				
811-50-р ^в	Важільна з кінцями під приварювання (МЭО)		50	190	Пара	560	13,7	18				
808-65-р ^в			65			540	9,8	21,4				

1	2		3	4	5			6	7	8		9
	Клапан (запірно-регулювальний) кутовий сальниковий з патрубками під приварювання (МЭП 16000/63-63-89А)	Засувка (клапан шиберний) сальниковий з патрубками під приварювання (МЭП 40000/63-100-89А)			Активний дистилат блоків ВВЭР-1000 АЭС	Вода	100			24,5	144	
1074-20-Э			20	120								
1074-100-Э			100	400								
КРВ	Клапан поворотно-дисковий кутовий сальниковий з патрубками під приварювання		20 40 50 65	95 155 160 155 160 155 160	Вода	280	16 24 38 16 24 38 16 24 38	6 7,3 19,5 45,9 20 47 20,5 47,9				ТОВ "Теплоэнергетика", м. Волгодонськ Ростовська обл..

1	2	3	4	5	6	7	8	9
КДУП	Клапан кутовий неперервного пропускання котла з паротрубками під приварювання (МЭО-630/25-0)	20 50 65 20	70 100 100	Вода	280	38	6,7 14,5 15 6,7	ТОВ "Тепло-енергетика", м. Волгодонськ Ростовська обл.
791-20р	Клапан вприску поворотний прохідний з патрубками під приварювання (МЭО-630/25-0)	50 65	250				14,8 16,2	ЗАТ "Фирма СОЮЗ-01", м. Москва
25ч914нж	Клапан двосідельний фланцевий (МЭО-16/63 і МЭО-100/63)	100 150 200 250 300	350 480 600 730 850	Вода, пара	200	1,6	100 153 310 426 680	АТВТ "Чуфаровский арматурный завод", Ульяновська обл.
25ч945п	Клапан (запірно-регулювальний) односідельний фланцевий	25 50 65 80 100 125	160 230 290 310 350 400	Вода, пара, повітря	150	1,6	19,5 26,4 40 44 67 100	АТ "Армагус" м. Гусь-Хрустальний Володимирська обл.
25ч940нж (НО)	Клапан двосідельний фланцевий (ЕСПА 02ПВ)	25 40 50 80	160 200 230 310	Рідке чи газоподібне, нейтральне до матеріалів, що стикаються з середовищем	(-15)+ 220	1,6	23 28,3 35,5 67,8	

Регулювальні виконавчі пристрої з чавуну та кольорових сплавів.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25ч943нж (НО, НЗ)	Клапан односідельний фланцевий	15	200	Рідке чи газоподібне, нейтральне до матеріалів, що стикаються з середовищем	225	1,6	17,5	АТ "Армагус" м. Гусь-Хрустальний
АА4	Затвор стяжний поворотний дисковий із захисним покриттям (ПК-50, ПК-150, ПК-250)	50	48	Вода побутова, промислова	140		12,3	
		80	48				13,3	
		100	58	Хімічно активні середовища (кислі і лужні) з концентрацією до 24% без механічних включень	110		15,5	
		150	60				16,6	
		200	71	Гідроінжемпультульї з розміром частинок до 2мм	80		20,7	
АА7	Затвор стяжний поворотний дисковий із захисним покриттям (МЭО-32/15, МЭО-40/15, МЭО-100/25, МЭО-250/25, МЭО-1600/25)	250	71				28	
		300	83				35	
		50	48				48,3	
		80	48				28,5	
		100	58				29,6	
		125	60	Морська вода, нейтральні газоподібні середовища	60		34,2	
		150	60				36,3	
200	71				38,5			
25ч908нж	Клапан змішувальний фланцевий	250	71				50	
		300	83				65,3	
		400	107				22,7	
		50	230	Вода та інші нейтральні до матеріалів деталей, що стикаються з середовищем	100		33,4	
		80	310				48,6	
		100	350			64,8		
		125	400			84		

Таблиця 4.41. Технічні характеристики запірних АК23031 і запірно-регулювальних АК28016 клапанів.

Умовний про- хід, мм	Умовний тиск, МПа	Тип електро- приводу	Габаритні роз- міри, мм	Обертальний момент, Н·м	Припустимий пропуск повітря крізь закритий затвор см ³ /хвил		Умова пропус- кна здатність, М ³ /год	Маса, кг		Виконання по призначенню до трубо-проводу.	
					АК 23031	АК 28016		9	10		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
								216	218	Фланцеве	
50	40	Б.099.100-02М	620x1253x607	396,8	55	160	40	260	262	Фланцеве	
								196	198	Під приварку	
								278	280	Фланцеве	
		Б.099.101-02М	750x1433x664	396,8	55	160	40	40	322	324	Фланцеве
									258	260	Під приварку
									305	307	Фланцеве
Б.099.089-02М	640x1279x644	396,8	55	160	40	40	349	351	Фланцеве		
							285	287	Під приварку		
							297	299	Фланцеве		
32	Б.099.089-02М	640x1249x644	312,6	55	160	40	328	330	Фланцеве		
							283	285	Під приварку		
							208	210	Фланцеве		
							237	239	Фланцеве		
							134	136	Під приварку		
							270	272	Фланцеве		
50	Б.099.101-02М	750x1403x664	312,6	55	160	40	301	303	Фланцеве		
							256	258	Під приварку		

Продовж. табл. 4.41.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
											65	40
80	32	Б.099.101-02М	750x1670x664	273,8	219	300	100	309	311	Фланцеве		
								228	230	Під приварку		
								318	320	Фланцеве		
		65	Б.099.089-02М	640x1516x644	273,8	219	300	100	100	371	373	Фланцеве
										290	292	Під приварку
										345	347	Фланцеве
										398	400	Фланцеве
										317	319	Під приварку
										242	244	Фланцеве
										287	289	Фланцеве
223	225	Під приварку										
80	Б.099.101-02М	640x1496x644	273,8	219	300	100	100	304	306	Фланцеве		
								349	351	Фланцеве		
								285	287	Під приварку		
								331	333	Фланцеве		
								376	378	Фланцеве		
								312	314	Під приварку		
								288	290	Фланцеве		
								379	381	Фланцеве		
								241	243	Під приварку		
								350	352	Фланцеве		
65	Б.099.100-02М	620x1520x607	273,8	219	300	100	100	441	443	Фланцеве		
								303	305	Під приварку		
								377	379	Фланцеве		
								468	470	Фланцеве		
65	Б.099.089-02М	640x1546x644	273,8	219	300	100	100	330	332	Під приварку		

Продовж. табл. 4.41.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
80	32	Б.099.100-02М	620x1489x607	219	100	300	100	270	272	Фланцеве
								333	335	Фланцеве
								240	242	Під приварку
100	40	Б.099.101-02М	750x1665x664	458,4	150	450	160	332	334	Фланцеве
								395	397	Фланцеве
								302	304	Під приварку
100	32	Б.099.089-02М	640x1411x644	366,7	366,7	450	160	359	361	Фланцеве
								422	424	Фланцеве
								329	331	Під приварку
100	40	Б.099.100-02М	620x1623x607	458,4	150	450	160	390	396	Фланцеве
								488	494	Фланцеве
								341	347	Під приварку
100	32	Б.099.101-02М	750x1803x664	366,7	366,7	450	160	452	458	Фланцеве
								550	556	Фланцеве
								405	411	Під приварку
100	40	Б.099.089-02М	640x1649x644	366,7	366,7	450	160	479	485	Фланцеве
								577	583	Фланцеве
								432	438	Під приварку
100	32	Б.099.100-02М	620x1623x607	366,7	366,7	450	160	382	388	Фланцеве
								473	479	Фланцеве
								336	342	Під приварку
100	32	Б.099.101-02М	750x1803x664	366,7	366,7	450	160	444	450	Фланцеве
								535	541	Фланцеве
								398	404	Під приварку
100	40	Б.099.089-02М	640x1649x644	366,7	366,7	450	160	477	477	Фланцеве
								526	532	Фланцеве
								425	431	Під приварку

Закінчення табл. 4.41.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
125	40	Б.099.100-02М	620x1663x607	458,4	220	600	250	486	492	Фланцеве
								703	709	Фланцеве
								376	383	Під приварку
125	32	Б.099.101-02М	750x1843x664	366,7	366,7	600	250	548	554	Фланцеве
								765	771	Фланцеве
								438	444	Під приварку
125	40	Б.099.089-02М	640x1689x644	366,7	366,7	600	250	575	581	Фланцеве
								792	798	Фланцеве
								485	491	Під приварку
125	32	Б.099.100-02М	620x1623x607	366,7	366,7	600	250	414	420	Фланцеве
								549	555	Фланцеве
								351	357	Під приварку
125	40	Б.099.101-02М	750x1803x664	366,7	366,7	600	250	476	482	Фланцеве
								611	617	Фланцеве
								412	418	Під приварку
125	32	Б.099.089-02М	640x1649x644	366,7	366,7	600	250	503	509	Фланцеве
								638	644	Фланцеве
								439	445	Під приварку

Примітка: умовний хід регулювальних клапанів АК 28016, мм: 45-для Ду50; (60+80)-для Ду(65,100); 80-для Ду 125.

Таблиця 4.42 Технічні характеристики запірних УФ 23058 і запірно-регулювальних УФ28023 клапанів з багатообертовим електроприводом.

Умовний прохід, мм	Умовний тиск, МПа	Тип електроприводу	Габаритні розміри, мм		Маса, кг	Обертальний момент, Н·м	Припустимий пропуск повітря крізь закритий затвор см ³ /хв	Умовна пропускна здатність м ³ /год	Виконання п'єдставлення до трубопроводу
			Висота	Відстань між фланцями					
10		ТЭ.099.088-04М	540	133	20,4	13	0,3	2,7	Фланцеве
				110	18,5				
15		04М	550	148	21,3	25,32	0,75	11,1	Фланцеве
				120	19,1				
25	40	УФ.099.016-04	720	168	46,5	96,8	1,7	11,1	Фланцеве
				134	43,4				
32		Б.099.099-02М	735	188	51,5	142,9	2,4	16	Фланцеве
				145	46,4				
40		Б.099.099-02М	770	233	57,4	208	3	21,5	Фланцеве
				174	48,9				

Конструкція клапану наведена на рис. 4.42. Клапан складається з корпусу 1, крізь який при відкритому затворі проходить потік середовища. Затвор забезпечує герметичне перекриття прохідного перерізу вентиля, що складається з сідла, виконаного у корпусі наплавленням, і штоку 2. Ущільнюючі поверхні – конусні і притерті. Зовнішня герметичність забезпечується корпусом сальника 7 з набивним кільцем 3, набивкою 35, втулкою сальника 5 і проміжними кільцями 36. Підтягування сальникової набивки здійснюється за допомогою накладної гайки 10. З'єднання корпусу сальника 7 з корпусом 1 плоске, безпрокладочне, притерте. Потрібна щільність з'єднання досягається затягуванням фланця корпусу 24 і фланцям стійки 23 за допомогою шпильок 9 і гайок 8. Роз'ємна муфта клапану складається з диску 11 і напівмуфти 12, що забезпечують з'єднання шпindelя 15 зі штоком 2 через п'яту 18 і підп'ятник 13. Електропривід 29 закріплений на стійці 14 за допомогою шпильок 33 і гайок 31 з шайбами 32. Зчленування електроприводу зі шпindelем клапану здійснюється за допомогою кулачкової муфти 25 і шлицевої втулки 16. Муфта обмеження обертового моменту електроприводу може наструюватись в обидва боки обертання на момент, вказаний у табл. 4.41.

Керування клапану здійснюється електроприводом чи маховиком 30 ручного дублера. При вмиканні електроприводу шпindel 15 угвинчується у втулку 17 чи вигвинчується з неї, надаючи поступальний рух штоку 2. Внаслідок цього затвор закриває чи відкриває прохідний переріз клапану.

Експлуатація клапану здійснюється в умовах температур навколишнього повітря від (-50) до 50°С. Напрямок подачі робочого середовища – під затвор.

Виготовник – АТ “Конотопський арматурний завод” (м. Конотоп)

Клапани кутові запірні і запірно-регулювальні відповідно типу УФ 23058 і УФ28023 з багатообертовим електроприводом за призначенням, конструкцією і умовами монтажу на трубопроводних мережах ідентичні попереднім, але припустимий перепад тиску на регулювальному органі дещо більший: для рідкого середовища –8 МПа; для газоподібного середовища –12 МПа. Коефіцієнт гідравлічного опору клапанів не більше 3. Матеріал корпусу клапану сталь 18ХГ чи 12Х18Н10Т чи 10Х17Н13М3Т. Електропривод може бути у вибухозахищеному виконанні – ВЗГ(еЕхеаІІВТЗ). Основні технічні характеристики клапанів наведені у табл. 4.42.

Виготовник – АТ “Конотопський арматурний завод” (м. Конотоп)

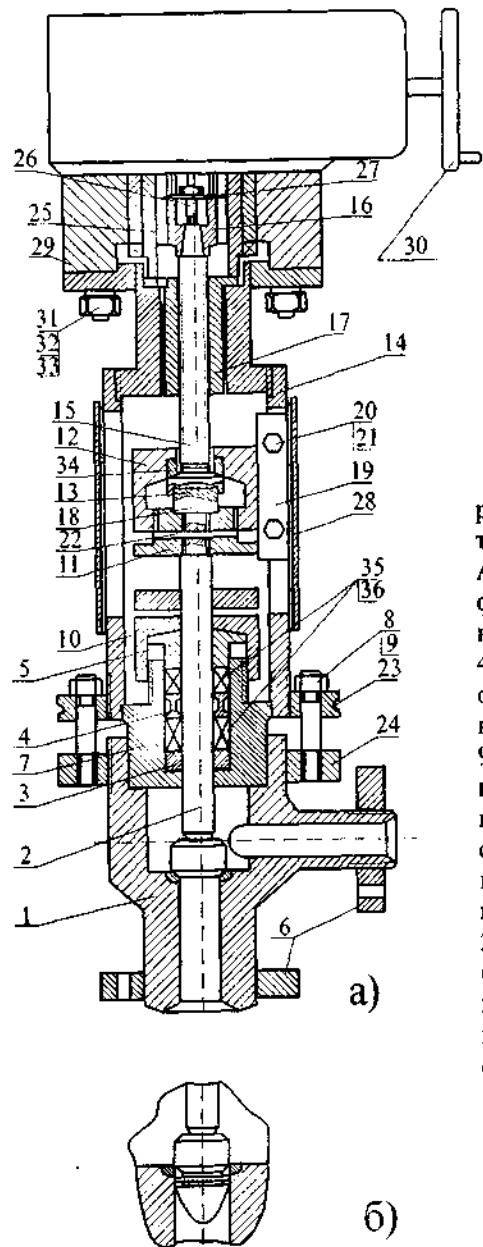


Рис 4.42 Конструкція запір-ного АК 23031 (а) і вузол за-твору запірно-регулювального АК28016 (б) клапану для Ду 50 фланцевого виконання: 1- корпус; 2-шток; 3-кільце опірне; 4-кільце; 5-втулка сальника; 6-фланець з'єднувальний; 7- корпус сальника; 8-гайка М24х2; 9-шпилька М24х2х140; 10-гайка накидна; 11-диск; 12-напівмуфта; 13-підп'ятник; 14- стійка; 15-шпindel; 16-втулка шлицева; 17-втулка різьбова; 18- п'ята; 19-планка; 20-борт М8х20; 21-шайба 8,65Г; 22-штифт 6Пр22ах50; 23,24-фланець; 25- муфта; 26-борт М8х50; 27- шайба; 28-кожух; 29- електропривод; 30-маховик руч- ного керування; 31-гайка М20; 32-шайба 20.65Г; 33-шпилька М20х65; 34-кільце; 35,36-кільця набивні і проміжні

5. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

За підсумком інженерного аналізу технологічного об'єкту керування виконується функціональна схема автоматизації, яка визначає структуру системи, види вимірюваних фізичних величин і розміщення пристроїв автоматизації. Функціональна схема автоматизації є основним документом для вибору первинних вимірювальних пристроїв (датчиків), перетворювачів, вторинних вимірювальних пристроїв, регуляторів, контролерів, виконавчих пристроїв та іншої допоміжної апаратури. При цьому, вибір раціональної структури системи керування значним чином визначає і склад засобів автоматизації. Вибір структури і складу системи здійснюється на базі синтетичного критерію, що уявляє надійність і ремонтоздатність, вартість і зручність експлуатації, якість керування та інші властивості розроблюваної системи керування технологічного процесу.

При виборі засобів МПАС необхідно керуватись задачами керування та наступними характеристиками: потрібний процесорний ресурс у часі доби, тижня, місяця, кварталу чи року у залежності від періодичності вирішення задач; наявності необхідних засобів зв'язку з технологічним об'єктом керування; максимальний об'єм ОЗУ, потрібний для вирішення задач керування; необхідний об'єм зовнішнього ЗУ; наявності достатньої кількості інтерфейсів для підключення термінальних пристроїв і створення локальної мережі ЕОМ (з урахуванням віддаленості обчислювальних засобів); вартість комплексу технічних засобів МПАС.

Засоби вимірювання обирають на підставі відомих статичних характеристик, чутливості, похибки вимірювання, інерційності і т.п. У процесі вибору засобів автоматизації слід уявляти також особливості виробничого процесу і приміщення, вплив навколишнього повітря, наявність вібрацій, електричних і магнітних полів, місце розташування приладу і відстань, на яку повинен бути переданий сигнал. Вибір пристроїв автоматизації виконують звичайно у два етапи. На першому етапі визначають різноманіття приладів системи, наприклад, види параметрів вимірювання. При цьому ставиться завдання мінімізації кількості приладів і пристроїв. На другому етапі визначають по каталогам (довідникам) типорозміри цих засобів. Особливу увагу треба приділяти питанням узгодження інформаційних (вхідних і вихідних) сигналів за їх видом, параметрами (діапазонами) і характеристиками.

Вибір регулювальних пристроїв агрегатних комплексів, окрім вищевказаного, здійснюють з урахуванням можливості реалізації того чи іншого алгоритму регулювання, який встановлюється на етапі розрахунку

АСР, а остаточні значення параметрів настройки визначаються при пуско-налагоджувальних роботах. Виконавчі пристрої обираються на підставі вимог технологічного обладнання, експлуатаційних, конструктивних і економічних характеристик. З точки зору відповідності вимогам технологічного обладнання, найбільш важливими характеристиками є пропускна спроможність, вид характеристики (лінійна, рівновідсоткова), номінальне пересувне зусилля чи момент, час повного спрацювання і переміщення (ход) штоку. Нижче розглянуті окремі випадки, що пов'язані із задачами розрахунку і вибору засобів автоматизації.

5.1. ВИБІР І РОЗРАХУНОК МЕТРОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Засоби вимірювання технологічних параметрів необхідно обирати у відповідності до вимог технологічного регламента виробничого процесу. При цьому норми і показники технологічних параметрів, що контролюються, у регламентах можуть бути представлені двома способами: номінальним значенням (X_n) з межово-припустимими відхиленнями (ϵ) чи діапазоном припустимих значень параметра (σ). Межево-припустиме відхилення – це межі відхилень від X_n , усередині яких припустимо вести технологічний процес з достатньою ефективністю. Число, для якого наведене припустиме відхилення, повинне мати останню значущу цифру того ж розряду, що і остання значуща цифра припустимого відхилення. Наприклад: (10 ± 1) МПа, $(17,0 \pm 0,2)$ %об. Діапазон припустимих значень параметра – це область значень технологічного параметра, у якій припустимо вести технологічний процес без суттєвої зміни ефективності. Наприклад: від 9 до 11 МПа, від 16,8 до 17,2 %об. Таким чином, дані технологічного регламенту є початковими для визначення похибки вимірювання вимірювальних засобів, яка має бути притаманна їм при експлуатації у складі системи автоматизації. Визначення похибки вимірювання здійснюється у відповідності з наступним правилом: похибка вимірювання параметра не повинна перевищувати $\epsilon/3$ чи $\sigma/6$.

Як правило вимірювання технологічного параметра здійснюється за допомогою вимірювального комплексу, до складу якого входять первинний перетворювач (датчик), проміжний перетворювач (в окремих випадках) і вторинний прилад. Тому похибка вимірювання такого вимірювального комплексу буде залежати від похибки усіх складових.

Розрахунок загальної похибки вимірювального комплексу температури передбачає визначення характеристик складових, що утворюють комплект. Нехай вимірювальний комплект складається з термометру опору типу ТСР класу В з НСХ 100П і вторинного приладу типу КСМ-3 класу точності 0,5 з діапазоном шкали $0 \div 200$ °С та ціною поділки 1 °С, а ви-

мога технологічного регламенту до вимірювання температури задана умовою – (120 ± 3) °С.

Розглянемо складові похибки вимірювань, які можна представити у вигляді схеми (див. рис. 5.1).

У відповідності з рис. 5.1 позначення складових похибки наступні: Δ – вимірювального комплексу; $\Delta_{вп}$ – вторинного приладу; Δ_d – термоопору; $\Delta_{сл}$ – з'єднувальних ліній; Δ_m – методична; $\Delta_{сч}$ – зчитування; Δ_1 – основна вторинного приладу; Δ_2 – додаткова внаслідок коливань температури навколишнього повітря для вторинного приладу; Δ_3 – додаткова внаслідок коливань напруги живлення у мережі для вторинного приладу; Δ_4 – додаткова внаслідок впливу магнітних полів; Δ_5 – основна датчика; Δ_6 – додаткова внаслідок нагріву датчика вимірювальним струмом; Δ_7 – динамічна для датчика.

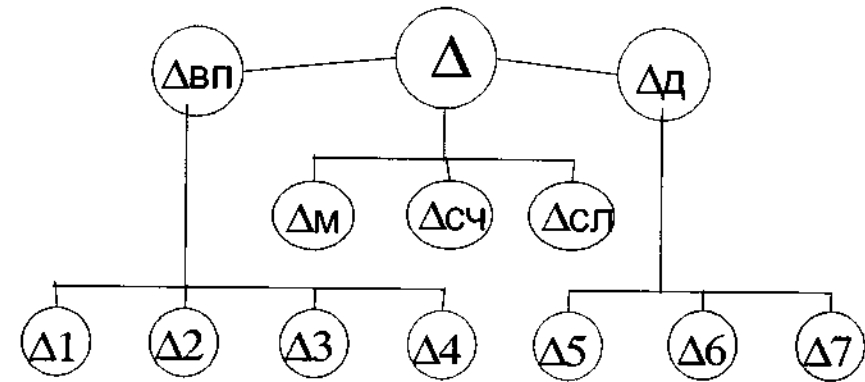


Рис. 5.1 Складові похибки вимірювального комплексу температури.

Розрахунок підсумкової похибки Δ здійснюють за формулою (1.13, ч.1). Визначення складових (основних і додаткових) проводять наступним чином.

Визначають границі основної похибки вторинного приладу згідно таблиці 1.2 (ч.1).

$$\Delta_1 = \pm(\gamma X_N)/100, \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta_1 = \pm(0,5 \cdot 200)/100 = \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Додаткові похибки вторинного приладу визначаються згідно технічних умов на вторинний прилад (див. розд. 1). При цьому відомо, що додаткова похибка Δ_2 не перевищує 0,2 основної похибки на кожні 10 °С від

нормальної температури (20 °С) у межах робочої області вимірювання. Приймаючи до уваги, що у місцях встановлення приладу температура повітря може змінюватись (Δt) від 15 до 35 °С, величина $\Delta 2$ становить:

$$\Delta 2 = \pm(0,2\Delta 1 \Delta t)/10, \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta 2 = \pm[0,2 \cdot 1(35 - 20)]/10 = \pm 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Додаткова похибка $\Delta 3$ обчислюється за формулою:

$$\Delta 3 = \pm(\gamma_u X_N)/100, \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta 3 = \pm(0,25 \cdot 200)/100 = \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де $\gamma_u = 0,25\%$ - додаткова похибка внаслідок коливань напруги у мережі у межах (220⁺²²₋₃₃) В встановлена технічними умовами на прилад.

Додаткова похибка $\Delta 4$ для вторинного приладу КСМ-3 не нормована, тому $\Delta 4=0$.

Границі основної похибки $\Delta 5$ датчика визначаються за формулою (див. табл. 5.11, ч. I) і становить

$$\Delta 5 = \pm(0,3 + 0,005t), \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta 5 = \pm(0,3 + 0,005 \cdot 120) = \pm 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Додаткова похибка $\Delta 6$ для всіх класів ТСП встановлена на рівні 0,1% при температурі 0 °С, що відповідає $\pm 0,25$ °С. Похибкою $\Delta 7$ найчастіше зневажають, припускаючи інерційність датчика невелику і достатньо добрі умови теплообміну, тобто $\Delta 7=0$.

Похибка від лінії зв'язку обумовлюється в основному відхиленням номінального опору лінії зв'язку вторинного приладу з ТСП, припустиме значення відхилення якого складає до 0,01 Ом чи приблизно $\Delta R_s = \pm 0,2$ °С. Вважаючи умови перемішування достатніми можна додаткову похибку Δ_m не ураховувати.

Похибка зчитування $\Delta_{сч}$ для показуючих приладів, що пов'язана з неточністю відліку показань оператором, приймається у практичній роботі на рівні половини ціни поділки, тобто $\Delta_{сч} = \pm 0,5$ °С. Таким чином, підсумкова похибка вимірювального комплексу становить

$$\Delta = \pm 1,1 \sqrt{1^2 + 0,3^2 + 0,5^2 + 0,9^2 + 0,25^2 + 0,2^2 + 0,5^2} = \pm 1,772 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Отримане значення похибки вимірювання обраними приладами перевищує $\epsilon/3 = 1,0$ °С. У такому випадку необхідно переглянути склад обраних приладів і змінити їх усі або окремі на прилади з іншими метрологічними характеристиками, тобто розробити рекомендації для підвищення точності вимірювального комплексу. Наприклад, замінити шкалу вторинного приладу на діапазон 0+150 °С, замість приладу КСМ-3 застосувати КСМ-4 з класом точності 0,25, а замість датчика класу В застосувати перетворювач класу А. Це дозволить змінити основні похибки вторинного приладу $\Delta 1$ і датчика $\Delta 5$. Обчислення цих похибок після зміни приладів дасть змогу отримати такі значення $\Delta 1$ і $\Delta 5$.

$$\Delta 1 = \pm(0,25 \cdot 150)/100 = \pm 0,375 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta 5 = \pm(0,15 + 0,002 \cdot 120) = \pm 0,39 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

У підсумку загальна похибка вимірювання буде складати 0,98 °С, яка відповідає вимогам технологічного регламенту.

Якщо інформація по додатковим похибкам приладів відсутня, то можна використовувати наближену формулу (1.13, ч. I) для розрахунку загальної похибки вимірювальних комплектів. Для вище наведеного прикладу підсумкова похибка за наближеною формулою для оновленого комплексу буде становити $\pm 0,71$ °С.

Розрахунок загальної похибки вимірювання тиску здійснюється за наступних умов. Тиск вимірюється за допомогою манометра МП2-У, встановленого за місцем, класу точності 1,5 з діапазоном шкали 0+1,6 МПа і ціною поділки 0,02 МПа, а вимога технологічного регламенту до вимірювання тиску задана умовою (1,2+0,1) МПа.

Складові похибки вимірювання тиску будуть наступними: основна $\Delta 1$; додаткова $\Delta 2$, обумовлена зміною температури навколишнього повітря; додаткова $\Delta 3$, що пов'язана з нахилом манометра; додаткова $\Delta 4$, обумовлена вібрацією; $\Delta_{сч}$ - додаткова зчитування; Δ_m - методична.

Границі основної похибки обчислюються за формулою (табл. 1.2)

$$\Delta 1 = \pm(1,5 \cdot 1,6)/100 = \pm 0,024 \text{ МПа}.$$

Границі температурної похибки в умовах зміни температури (Δt) повітря від 20 до 35 °С визначаються за рівнянням:

$$\Delta 2 = \pm (X_N K_t \Delta t) / 100, \text{ МПа};$$

$$\Delta 2 = \pm [1,6 \cdot 0,06(35 - 20)] / 100 = \pm 0,014 \text{ МПа},$$

де $K_t = 0,06 \text{ \% / } ^\circ\text{C}$ – температурний коефіцієнт згідно технічних умов на прилад.

Границі похибки від нахилу і вібрації не ураховуються ($\Delta 3 = 0$ і $\Delta 4 = 0$), вважаючи, що манометр встановлено у відповідності з вимогами монтажу на прилад, і забезпечені умови, за яких вібрація не призводить до коливань стрілки більше 0,1 довжини найбільшої поділки шкали.

Додаткова похибка $\Delta_{сч}$ у відповідності з ціною поділки складатиме $\pm 0,01$ МПа. Методична похибка може бути обумовлена різницею рівнів розташування манометра і точкою виміру тиску, гідравлічними втратами у трубопроводі поміж місцем відбору тиску і місцем установки манометра, а також відхиленням тиску навколишнього повітря від нормального (101,3 кПа). При невеликій довжині трубопроводної з'єднувальної лінії і відхиленнях тиску навколишнього повітря від барометричного, а також у разі незначної густини (газів) середовища, що вимірюється, методичну похибку Δ_m можна не враховувати. Отже, підсумкова оцінка похибки вимірювання тиску буде складати:

$$\Delta = \pm 1,1 \sqrt{0,024^2 + 0,014^2 + 0,01^2} = \pm 0,032 \text{ МПа}$$

Отримана оцінка похибки вимірювання надмірного тиску манометра МП2-У класу точності 1,5 не перевищує $0,1/3 = 0,033$ МПа, тобто відповідає заданим вимогам технологічного регламенту.

5.2. ВИБІР І РОЗРАХУНОК СТАНДАРТНИХ ЗВУЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ

Серед стандартних звужувальних пристроїв найчастіше застосовуються діафрагми, виготовлення і монтаж яких значно простіший, ніж інших типів звужувальних пристроїв (сопел, сопел і труб Вентурі, нестандартних пристроїв).

Методика вибору звужувального пристрою передбачає урахування наступних технологічних особливостей: втрати тиску (енергетичні втрати) у звужувальних пристроях підвищуються у такій послідовності – труба

Вентурі, довге сопло Вентурі, коротке сопло Вентурі, сопло, діафрагма; при одних і тих же значеннях m і ΔP та інших рівних умовах сопло дозволяє вимірювати більшу витрату, ніж діафрагма, і забезпечує більш високу точність вимірювання у порівнянні з діафрагмою (особливо при малих значеннях m); зміна і забруднення вхідного профілю звужувального пристрою в процесі експлуатації впливає на коефіцієнт витрати діафрагми α у більшій мірі, ніж на коефіцієнт α сопла.

Вибір типу і різновиду дифманометра здійснюють, виходячи з наступних умов: дифманометр можливо застосувати для вимірювання таких середовищ, які вказані у технічній документації по експлуатації цього приладу, якщо додатково не застосовуються роздільні посудини; дифманометр, що споживає електроенергію (у випадку його встановлення у пожежно - і вибухонебезпечному приміщенні), повинен задовольняти вимогам відповідних нормативних документів; максимальний робочий тиск у трубопроводі перед звужувальним пристроєм має бути не більше максимального робочого тиску, на який розрахований дифманометр; номінальний перепад тиску дифманометра визначається зі стандартного ряду, що наведений далі, ураховуючи, що чим більше перепад ΔP_n , тим менше повинна бути відносна площа m звужувального пристрою для заданої витрати, а чим менше m , тим вище точність вимірювання заданої витрати і тим більше витрата тиску у звужувальному пристрої.

Розрахунок може виконуватись по декількох варіантах. Якщо задана припустима втрата тиску на звужувальному пристрої, то за найбільше значення ΔP_n приймають таке, за яким втрата тиску ще залишається менше припустимої. Коли втрата тиску у звужувальному пристрої не має значення, перепад ΔP_n обирають таким, щоб значення m було близьким до 0,2 (подальше зменшення m доцільне тільки для зниження впливу числа Re на вимірювану витрату чи для зменшення похибки внаслідок скорочення довжини прямої ділянки трубопроводу).

Алгоритм розрахунку стандартних звужувальних пристроїв передбачає визначення діаметру отвору, коефіцієнта витрати, динамічного діапазону вимірювання, залежного від числа Рейнольдсу, перепаду тиску або втрат тиску на звужувальному пристрої, а також похибки вимірювання витрати.

Для розрахунку повинні бути відомі: максимальна і мінімальна витрати; параметри вимірюваного середовища (тиск, температура, вологість, в'язкість, густина, склад потоку); внутрішній діаметр трубопроводу при температурі 20 °С та його матеріал; припустимі втрати тиску, відповідні максимальній витраті; середній барометричний тиск у місці експлуатації дифманометра-витратоміра.

До розрахунку потрібно вибрати типи, класи точності та верхню межу вимірювання дифманометра - витратоміра, манометра і термометра (див. розд. 2 і 5 ч. 1), а також матеріал діафрагми та засіб відбору перепаду тиску /кутовий чи фланцевий/.

Наступний етап розрахунку полягає у визначенні основних параметрів потоків середовища, що вимірюється.

Абсолютна температура потоку середовища

$$T = 273,15 + t. \quad (5.1)$$

Абсолютний тиск потоку середовища

$$P = P_{\text{И}} + P_{\text{Б}}. \quad (5.2)$$

Густина рідких речовин та водних розчинів може бути визначена по таблиці 5.1.

Густина сухого газу в робочих умовах при відомій густині у нормальних умовах:

$$\rho = 283,73 \rho_{\text{НОМ}} \frac{P}{TK_C} \quad (5.3)$$

Густина окремих газів у нормальному стані визначається по таблиці 5.2, а коефіцієнт стисливості – по графікам на рис. 5.2-5.12.

Густина сумішей сухих газів за нормальних умов розрахунковим методом по відомому компонентному складу суміші визначається так:

- при відомій об'ємній долі N_i компонентів суміші

$$\rho_{\text{НОМ}} = \sum_{i=1}^n N_i \rho_{\text{НОМ}i}; \quad (5.4)$$

- при відомій масовій долі \bar{N}_i компонентів суміші

$$\rho_{\text{НОМ}} = \left[\sum_{i=1}^n \frac{\bar{N}_i}{\rho_{\text{НОМ}i}} \right]^{-1} \quad (5.5)$$

Густина вологого газу (суміші газів) при P і t обчислюють по рівнянням:

- у загальному випадку

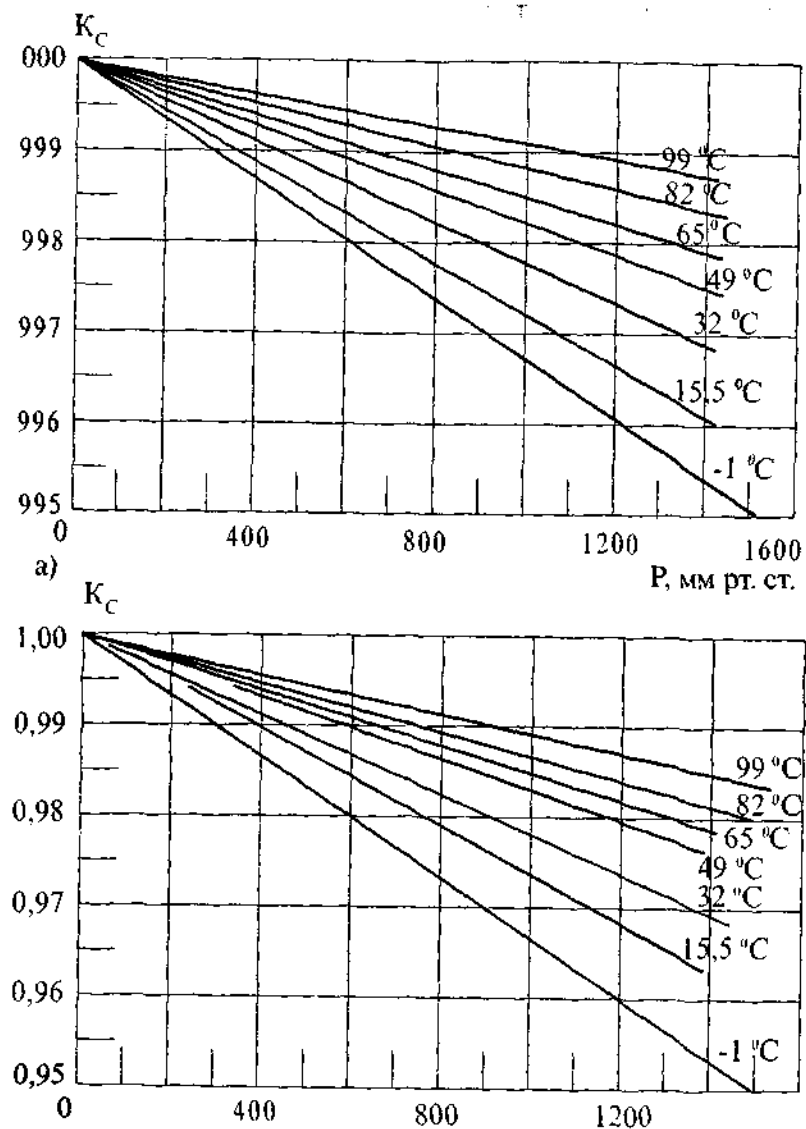


Рис. 5.2. Залежність коефіцієнту стисливості метану (а), пропану (б) від тиску та температури.

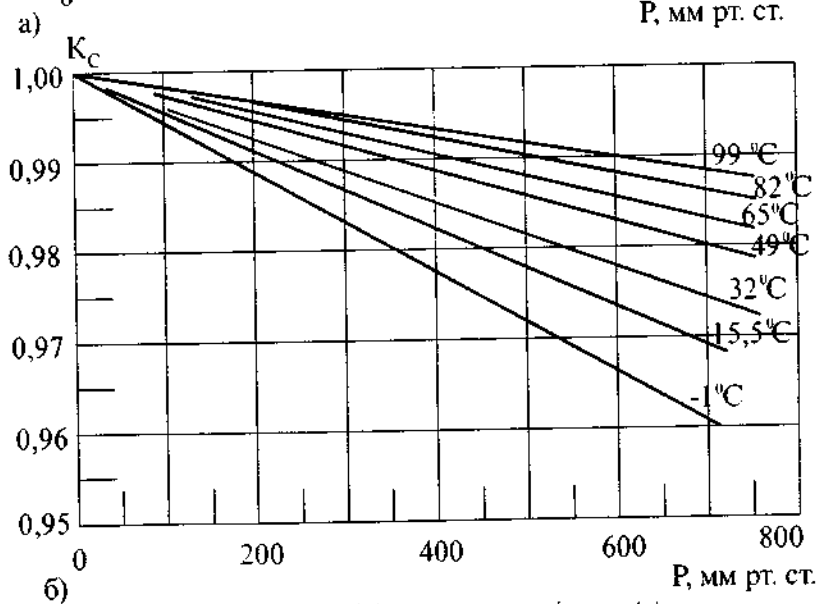
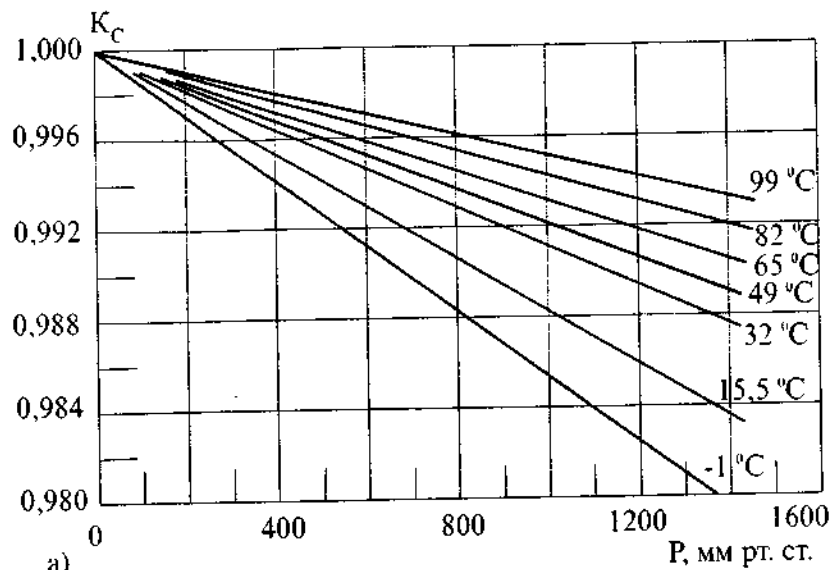


Рис. 5.3. Залежність коефіцієнту стисливості етану (а), н-бутану (б) від тиску та температури.

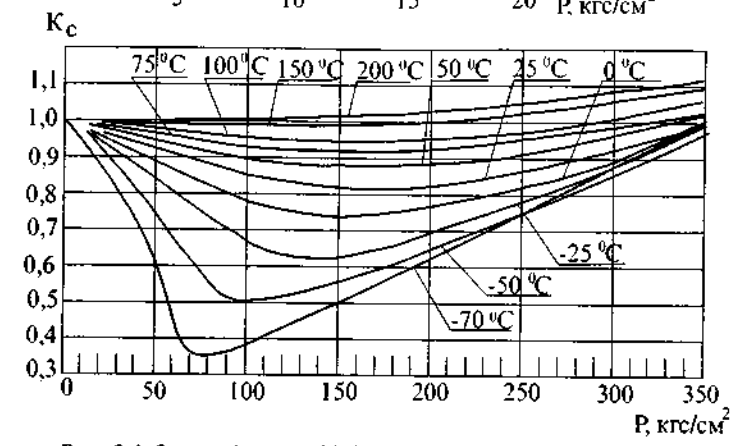
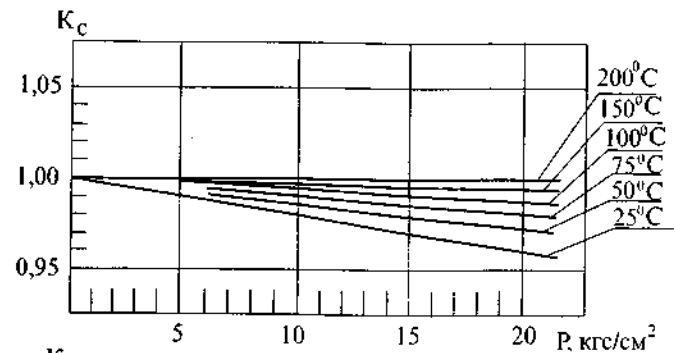


Рис. 5.4. Залежність коефіцієнту стисливості метану від температури та тиску.

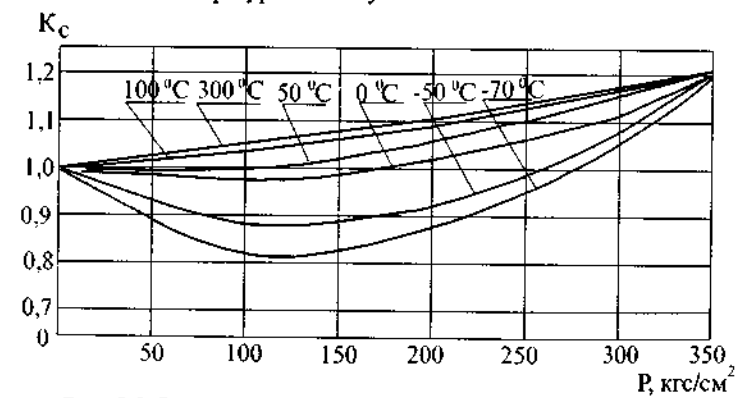


Рис. 5.5. Залежність коефіцієнту стисливості оксиду вуглецю від температури та тиску.

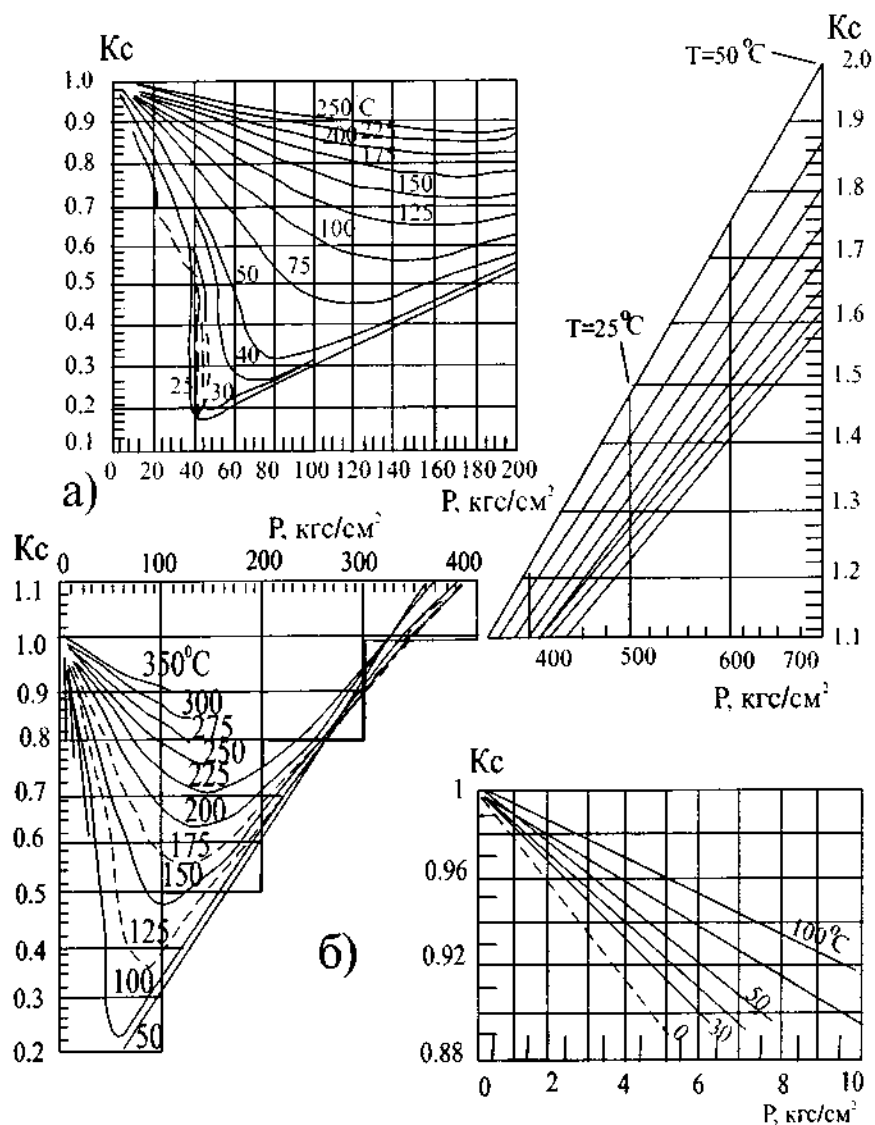


Рис. 5.6 Залежність коефіцієнту стисливості етану (а), пропану (б) від тиску і температури.

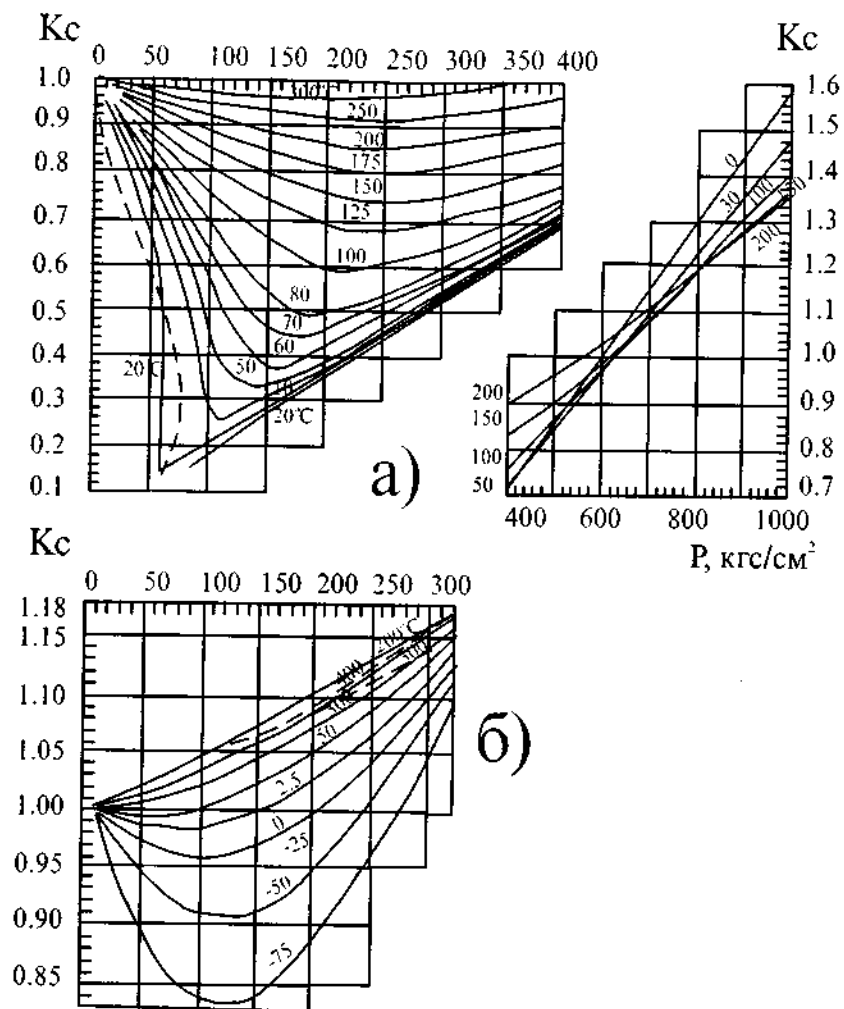


Рис. 5.7. Залежність коефіцієнту стисливості диоксиду вуглецю (а), азоту (б) від тиску і температури.

Кс

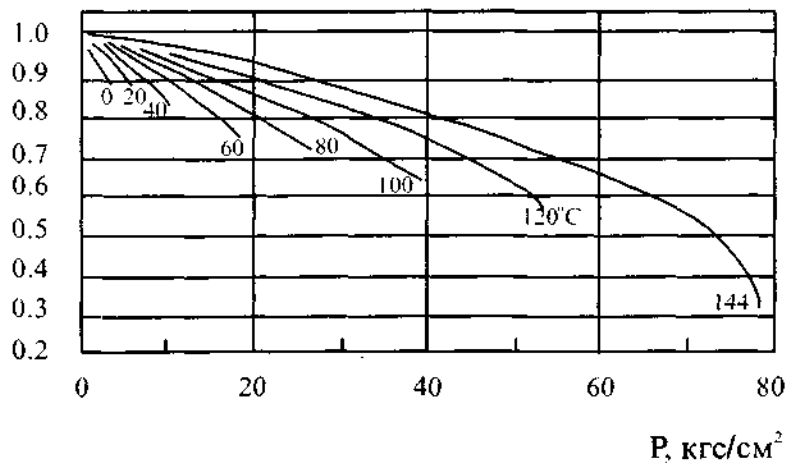


Рис. 5.8. Залежність коефіцієнту стисливості хлору від тиску і температури.

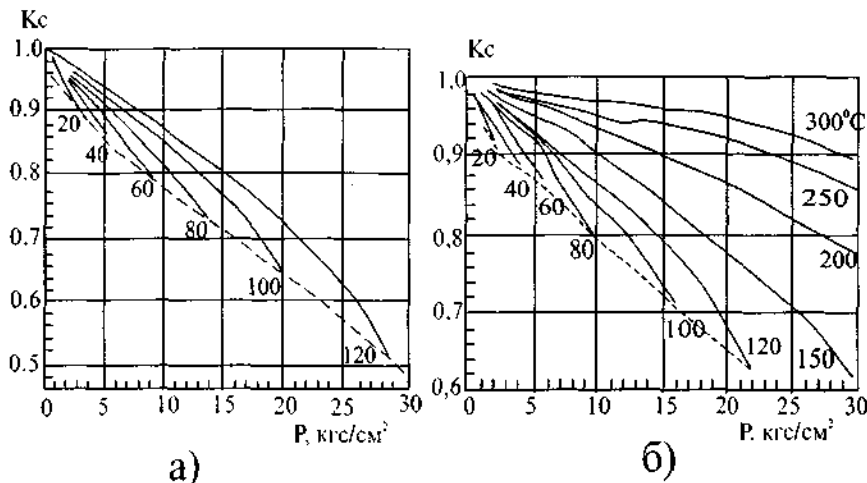


Рис. 5.10. Залежність коефіцієнту стисливості н-бутану (а), ізобутану (б) від тиску і температури.

Кс

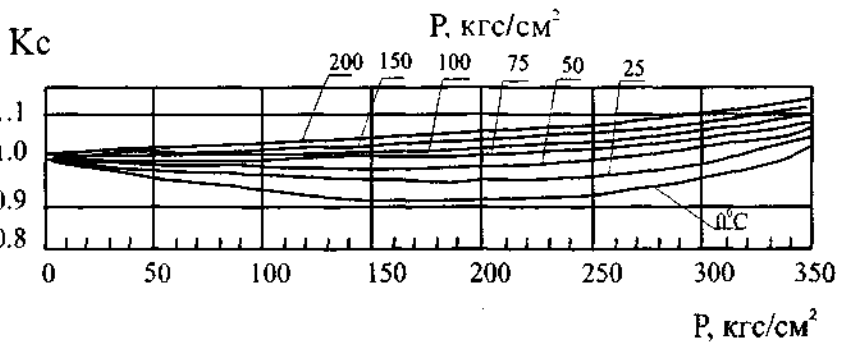
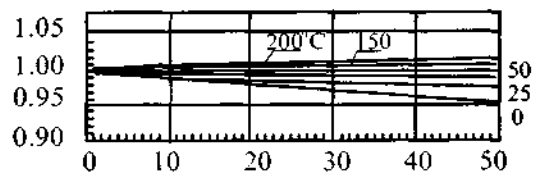


Рис. 5.9. Залежність коефіцієнту стисливості кисню від тиску і температури.

Кс

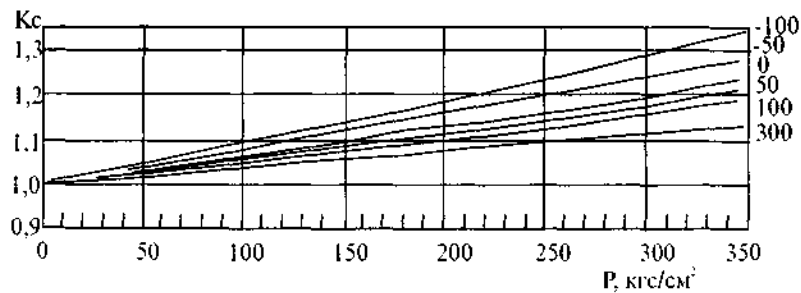
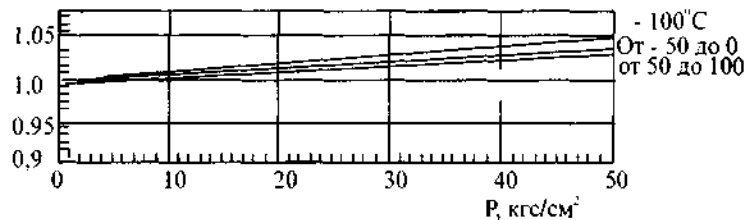


Рис. 5.11. Залежність коефіцієнту стисливості водню від тиску і температури.

Таблиця 5.1 Густина рідких речовин та водних розчинів, кг/м³, у залежності від температури, °С.

Речовина	-20	0	20	40	60	80	100	120
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Азотна кислота /100%/	1582	1547	1513	1478	1443	1408	1373	1338
Азотна кислота /50%/	-	1334	1310	1287	1263	1238	1212	1186
Аміак рідкий	665	639	610	580	545	510	462	390
Аміачна вода /25%/	-	918	907	897	887	876	866	856
Анілін	-	1039	1022	1004	987	969	952	933
Ацетон	835	813	791	768	746	719	693	665
Бензол	-	900	879	858	836	815	793	769
Бутиловий спирт	838	824	810	795	781	766	751	735
Вода	-	1000	998	992	983	972	958	943
Діхлоретан	1310	1282	1254	1224	1194	1163	1133	1102
Хлористий кальцій /25% розчин/	1248	1239	1230	1220	1210	1200	1190	1180
Метиловий спирт /100% розчин/	828	810	792	774	756	736	714	-
Мурашина кислота	-	1244	1220	1195	1171	1147	1121	1096
Ідкий натр /50% розчин/	-	1540	1525	1511	1497	1487	1469	1454
Хлористий натрій /20% розчин/	-	1157	1148	1189	1130	1120	1110	1100
Олеум /20 % SO ₂ /	-	1922	1896	1870	1844	1818	1792	1766
Сірчана кислота /60%/	1532	1515	1498	1482	1466	1450	1434	1418
Соляна кислота /30%/	1173	1161	1149	1138	1126	1115	1103	1090
Толуол	902	884	866	847	828	808	788	766
Оцтова кислота /100%/	-	1072	1048	1027	1004	981	958	922
Хлорбензол	1150	1128	1107	1085	1056	1041	1021	995
Чотири хлористий вуглець	1670	1633	1594	1556	1517	1471	1434	1390
Вінілацетат	947	924	901	876	851	825	797	768
Етиловий спирт /80%/	-	857	843	828	813	797	783	768

$$\rho_{\text{вг}} = 283,73\rho_{\text{НОМ}} \frac{P - \varphi P_{\text{вп max}}}{TK_{\text{CM}}} + \varphi P_{\text{вп max}}; \quad (5.6)$$

- для насиченого вологого газу

$$\rho'_{\text{вг}} = 283,73\rho_{\text{НОМ}} \frac{P - P_{\text{вп max}}}{TK_{\text{CM}}} + \rho_{\text{вп max}}. \quad (5.7)$$

Густина вологого газу $\rho_{\text{вг}}$ у загальному випадку, як виходить з (5.6) і (5.7), визначається сумою густин його сухої частини $\rho_{\text{сг}}$ і водяної пари $\rho_{\text{вп}}$ при їх парціальних тисках і температурі.

Якщо робоча температура t газу не перебільшує температуру насичення водяної пари $t_{\text{нп}}$, що відповідна робочому тиску P , то $\rho_{\text{вп max}} = \rho_{\text{нп}}$ та $P_{\text{вп max}} = P_{\text{нп}}$. При цьому $\rho_{\text{нп}}$ та $P_{\text{нп}}$ визначають по таблиці 5.3.

Таблиця 5.2. Основні фізичні властивості деяких газів

Газ	Густина, кг/м ³ , при тиску 1 кгс/см ² і температурі, °С		Молекулярна маса	Критичні точки		Показник адиабати при 0°С і 1 кгс/см ²
	0	20		Температура, °С	Тиск, кгс/см ²	
1	2	3	4	5	6	7
Азот	1,25	1,66	28	-147,1	33,49	1,4
Аміак	0,77	0,718	17	+132,4	111,5	1,29
Аргон	1,78	-	39,9	-122,4	48,0	1,66
Ацетилен	1,171	1,091	266	+35,7	61,6	1,24
Бутан	2,673	2,519	58,1	+152	37,5	1,08
Повітря	1,293	1,205	29	-140	37,2	1,4
Водень	0,0899	0,0837	2,02	-239,9	12,8	1,407
Двуокись:						
сірки	2,93	2,727	61,4	+157,5	77,78	1,25
вуглецю	1,98	1,842	44	+31,1	72,9	1,3
Кисень	1,429	1,331	32	-118,8	49,71	1,4
Метан	0,72	0,668	16	-82,15	45,6	1,31
Оксид вуглецю	1,25	1,165	28	-140,2	34,53	1,4
Пентан	3,457	3,221	72,2	+197,1	33,0	1,09
Пропан	2,022	1,872	44,1	+95,6	43,0	1,13
Пропілен	1,91	1,784	42,1	+91,4	45,4	1,17
Сірководень	1,54	1,434	34,1	+100,4	188,9	1,3
Хлор	3,22	2,9955	70,9	+144	76,1	1,36
Хлористий метил	2,3	-	50,5	+148	66	1,28
Етан	1,36	1,263	30,1	+32,1	48,85	1,2
Етилен	1,26	1,174	28,1	+9,7	50,7	1,2

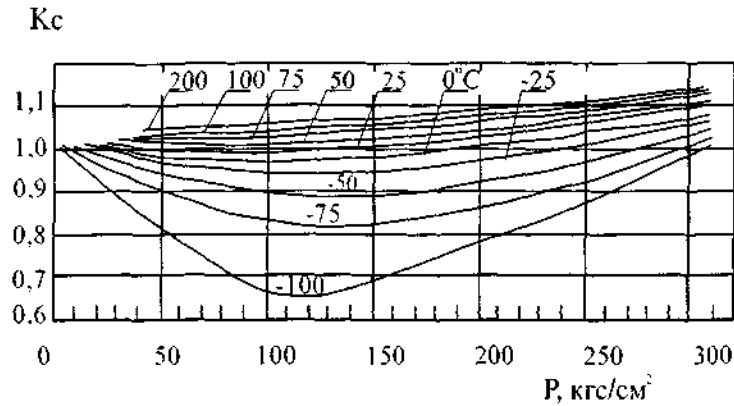
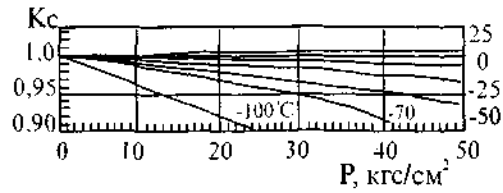


Рис. 5.12. Залежність коефіцієнта стисливості повітря від тиску і температури.

Якщо $t > t_{\text{нп}}$, то $\rho_{\text{ВПmax}}$ дорівнює густині перегрітої водяної пари при даних P і t , а $P_{\text{ВПmax}} = P$. Густина перегрітої водяної пари знаходять по таблиці 5.4.

Коефіцієнт стисливості суміші газів:

$$K_{\text{CM}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{ci}} N_i \quad (5.8)$$

Коефіцієнт стисливості сумішей природних газів густиною $\rho_{\text{НОМ}} = 0,55 \dots 0,9 \text{ кг/м}^3$ визначають по таблиці 5.5 у залежності від псевдонаведених температур $t_{\text{п}}$ ($^{\circ}\text{C}$) та надмірного тиску $P_{\text{ип}}$ (кгс/см^2), густини $\rho_{\text{НОМ}}$ та вмісту CO_2 та N_2 .

Псевдонаведений надмірний тиск і температура визначаються так:

$$P_{\text{ип}} = P_{\text{и}} K_{\text{P}}; \quad (5.9)$$

$$t_{\text{п}} = K_{\text{T}}(t + 273,15) - 273,15. \quad (5.10)$$

де K_{P} і K_{T} – комплексні коефіцієнти наведення відповідно надмірного тиску і температури.

Комплексні коефіцієнти знаходять за рівняннями:

- для сумішей природних газів, що не містять CO_2 та N_2

$$K_{\text{P}} = 26,1082 / (26,831 - \rho_{\text{НОМ}}); \quad (5.11)$$

$$K_{\text{T}} = 1,2864 / (0,56364 + \rho_{\text{НОМ}}); \quad (5.12)$$

- для сумішей природних газів, що містять CO_2 та N_2

$$K_{\text{P}} = \frac{156,47}{5,993(26,831 - \rho_{\text{НОМ}}) (N_{\text{CO}_2} + 0,392N_{\text{N}_2})}; \quad (5.13)$$

$$K_{\text{T}} = \frac{226,29}{175,91(0,56364 + \rho_{\text{НОМ}}) - (N_{\text{CO}_2} + 1,681N_{\text{N}_2})}, \quad (5.14)$$

де N_{CO_2} та N_{N_2} – об'ємні концентрації двооксиду вуглецю і азоту, %.

Відносна вологість газу:

$$\varphi = \frac{P_{\text{ВП}}}{P_{\text{ВПmax}}} = \frac{\rho_{\text{ВП}}}{\rho_{\text{ВПmax}}}. \quad (5.15)$$

Якщо задана абсолютна вологість газу f , тоді її у відносну вологість перераховують наступним чином:

- при абсолютній вологості f_{C} , що виражена масою водяної пари (кг) в 1 кг сухого газу

$$\varphi = \frac{P f_{\text{C}}}{P_{\text{ВПmax}} (f_{\text{C}} + 0,7496 \frac{K_{\text{C}}}{\rho_{\text{НОМ}}})}; \quad (5.16)$$

- при абсолютній вологості $f_{\text{НОМ}}$, що виражена масою водяної пари (кг) в 1 м³ сухого газу в нормальних умовах

$$\varphi = \frac{P f_{\text{НОМ}}}{P_{\text{ВПmax}} (f_{\text{НОМ}} + 0,7496 K_{\text{C}})}; \quad (5.17)$$

- при абсолютній вологості $f_{\text{В}}$, що виражена масою водяної пари (кг) в 1 м³ вологого газу

$$\varphi = f_{\text{В}} / \rho_{\text{ВПmax}}. \quad (5.18)$$

Динамічна в'язкість рідини визначається по таблиці 5.6, а для індивідуальних газів по графікам на рис. 5.13 – 5.15.

Таблиця 5.3 Тиск Р і густина ρ насиченої водяної пари.

$t, ^\circ\text{C}$	$t, ^\circ\text{C}$														
	0			1			2			3			4		
	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
0	0,006228	0,004847	0,006694	0,005189	0,07198	0,005555	0,007723	0,005945	0,008289	0,006357					
10	0,012513	0,009398	0,013376	0,01001	0,014291	0,01066	0,015261	0,01134	0,016289	0,01206					
20	0,02383	0,01729	0,02534	0,01833	0,02694	0,01942	0,02863	0,02057	0,03041	0,02177					
30	0,04325	0,03036	0,04580	0,03205	0,04647	0,03381	0,05128	0,03565	0,05423	0,03758					
40	0,07520	0,05115	0,07930	0,05376	0,08360	0,05649	0,08809	0,05935	0,09279	0,06234					
50	0,12578	0,08302	0,13216	0,08696	0,13881	0,09107	0,14575	0,09535	0,15298	0,09980					
60	0,2031	0,1302	0,2127	0,1360	0,2227	0,1420	0,2330	0,1482	0,2438	0,1546					
70	0,3177	0,1982	0,3317	0,2064	0,3463	0,2148	0,3613	0,2236	0,3769	0,2326					
80	0,4829	0,2933	0,5028	0,3047	0,5234	0,3164	0,5447	0,3284	0,5667	0,3408					
90	0,7149	0,4235	0,7425	0,4388	0,7710	0,4545	0,8004	0,4706	0,83077	0,4873					
100	1,0332	0,5977	1,0707	0,6180	1,1092	0,6389	1,1489	0,6602	1,1898	0,6821					
110	1,4609	0,8263	1,5106	0,8525	1,5618	0,8794	1,6144	0,9070	1,6684	0,9354					
120	2,0245	1,122	2,0895	1,155	2,1561	1,189	2,2245	1,225	2,2947	1,261					
130	2,7544	1,496	2,8378	1,539	2,9233	1,528	3,011	1,626	3,101	1,672					
140	3,685	1,966	3,790	2,018	3,896	2,072	4,009	2,128	4,122	2,184					
150	4,854	2,547	4,985	2,612	5,120	2,678	5,257	2,746	5,397	2,815					
160	6,302	3,259	6,464	3,338	6,630	3,418	6,798	3,500	6,970	3,584					
170	8,076	4,122	8,247	4,218	8,475	4,315	8,679	4,414	8,888	4,515					

Продовження табл. 5.3

$t, ^\circ\text{C}$	$t, ^\circ\text{C}$																	
	6			7			8			9			10			11		
	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	Р _{нп}	
180	10,225	5,157	10,462	5,271	10,703	5,388	10,950	5,507	11,201	5,627								
190	12,800	6,395	13,083	6,532	13,371	6,671	13,664	6,812	13,962	6,954								
200	15,857	7,863	16,192	8,024	16,532	8,188	16,877	8,355	17,228	8,525								
210	19,456	9,578	19,848	9,765	20,246	9,960	20,651	10,17	21,061	10,36								
220	23,659	11,62	24,115	11,84	24,577	12,06	25,047	12,29	25,523	12,52								
230	28,531	13,99	29,057	14,25	29,591	14,51	30,133	14,78	30,682	15,05								
240	34,140	16,76	34,745	17,06	35,357	17,36	35,978	17,67	36,607	17,99								
250	40,56	19,98	41,25	20,33	41,95	20,68	42,66	21,04	43,37	21,41								
260	47,87	23,72	48,65	24,13	49,44	24,54	50,24	24,96	51,05	25,39								
270	56,14	28,09	57,02	28,56	57,91	29,04	58,82	29,53	59,73	30,03								
280	65,46	33,19	66,45	33,74	67,46	34,30	68,47	34,88	69,50	35,46								
290	75,92	39,17	77,03	39,81	78,15	40,47	79,29	41,15	80,44	41,84								
300	87,61	46,21	88,85	46,98	90,11	47,76	91,38	48,55	92,66	49,36								
310	100,64	54,61	102,02	55,53	103,42	56,47	104,83	57,43	106,25	58,41								
320	115,13	64,74	116,66	65,85	118,21	66,99	119,77	68,16	121,35	69,35								
330	131,18	77,09	132,88	78,51	134,59	79,96	136,33	81,44	138,08	82,94								
340	148,96	92,77	150,84	94,58	152,73	96,43	154,65	98,33	156,59	100,3								
350	168,63	113,6	170,71	116,1	172,81	118,7	174,92	121,4	177,07	121,2								
360	190,42	144,1	192,72	148,1	195,06	152,4	197,41	156,9	199,80	161,6								
370	241,68	202,4	217,26	214,0	219,88	227,0	222,53	244,0	225,22	277,0								

Таблиця 5.4 Густина перерігтої водяної пари, кг/м³

496

P, кгс/см ²	t _{н.п.} , °C	t, °C								
		100	110	120	130	140	150	160		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1,0	99,09	0,5784	0,5621	0,5467	0,5325	0,5192	0,5063	0,4943		
1,1	101,76	-	0,6192	0,6023	0,5865	0,5714	0,5574	0,5441		
1,2	104,25	-	0,6764	0,6579	0,6406	0,6238	0,6086	0,5942		
1,3	106,56	-	0,7337	0,7136	0,69446	0,6766	0,6608	0,6443		
1,4	108,74	-	0,7911	0,7692	0,7488	0,7294	0,7112	0,6943		
1,5	110,79	-	-	0,8251	0,8032	0,7824	0,7628	0,7442		
1,6	112,73	-	-	0,8810	0,8578	0,8354	0,8143	0,7942		
1,7	114,57	-	-	0,9381	0,9124	0,8884	0,8658	0,8445		
1,8	116,33	-	-	0,9940	0,9671	0,9416	0,9174	0,8951		
1,9	118,01	-	-	1,049	1,022	0,9950	0,9699	0,9408		
2,0	119,62	-	-	1,106	1,077	1,048	1,021	0,9964		
2,1	121,16	-	-	-	1,132	1,101	1,073	1,047		
2,2	122,65	-	-	-	1,187	1,155	1,125	1,097		
2,3	124,08	-	-	-	1,242	1,209	1,178	1,148		
2,4	125,46	-	-	-	1,297	1,263	1,230	1,199		
2,5	126,79	-	-	-	1,352	1,317	1,282	1,250		
2,6	128,08	-	-	-	1,408	1,371	1,335	1,301		

Продовження табл. 5.4

2,7	129,34	-	-	-	1,465	1,425	1,387	1,352	
2,8	130,55	-	-	-	-	1,480	1,440	1,404	
2,9	131,73	-	-	-	-	1,534	1,493	1,455	
3,0	132,88	-	-	-	-	1,588	1,546	1,506	
3,2	135,08	-	-	-	-	1,698	1,652	1,609	
3,4	137,18	-	-	-	-	1,808	1,758	1,712	
3,6	139,18	-	-	-	-	1,918	1,865	1,816	
3,8	141,09	-	-	-	-	-	1,973	1,921	
4,0	142,9	-	-	-	-	-	2,081	2,025	
4,2	144,68	-	-	-	-	-	2,189	2,130	
4,4	146,38	-	-	-	-	-	2,298	2,235	
4,6	148,01	-	-	-	-	-	2,407	2,341	
4,8	149,59	-	-	-	-	-	2,517	2,447	
5,0	151,11	-	-	-	-	-	-	2,553	
5,5	154,72	-	-	-	-	-	-	2,822	
6,0	158,08	-	-	-	-	-	-	3,093	
6,5	161,22	-	-	-	-	-	-	-	
7,0	164,17	-	-	-	-	-	-	-	
7,5	166,22	-	-	-	-	-	-	-	
8,0	169,61	-	-	-	-	-	-	-	

497

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8,5	172,12	-	-	-	-	-	-	-
9,0	174,53	-	-	-	-	-	-	-
9,5	176,83	-	-	-	-	-	-	-
10,0	179,04	-	-	-	-	-	-	-
11,0	183,20	-	-	-	-	-	-	-
12,0	187,08	-	-	-	-	-	-	-
13,0	190,71	-	-	-	-	-	-	-

P, кгс/см ²	t _{н.п.} , °C	t, °C							
		170	180	190	200	210	220	230	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1,0	99,09	0,4828	0,4719	0,4615	0,4515	0,4419	0,4327	0,4241	
1,1	101,76	0,5313	0,5192	0,5079	0,4968	0,4864	0,4762	0,4666	
1,2	104,25	0,5800	0,5668	0,5543	0,5423	0,5308	0,5196	0,5092	
1,3	106,56	0,6288	0,6144	0,6008	0,5878	0,5754	0,5632	0,5519	
1,4	108,74	0,6786	0,6621	0,6473	0,6333	0,6200	0,6068	0,5945	
1,5	110,79	0,7264	0,7097	0,6940	0,6789	0,6646	0,6506	0,6373	
1,6	112,73	0,7754	0,7574	0,7407	0,7246	0,7102	0,6943	0,6802	
1,7	114,57	0,8442	0,8052	0,7874	0,7704	0,7546	0,7380	0,7231	
1,8	116,33	0,8742	0,8532	0,8340	0,8162	0,7992	0,7818	0,7661	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,1	121,16	1,022	0,9980	0,9746	0,9533	0,9326	0,9134	0,8946
2,2	122,65	1,071	1,046	1,022	0,9990	0,9770	0,9572	0,9375
2,3	124,08	1,120	1,094	1,069	1,045	1,023	1,001	0,9804
2,4	125,46	1,170	1,142	1,116	1,091	1,068	1,045	1,023
2,5	126,79	1,220	1,191	1,163	1,137	1,113	1,089	1,066
2,6	128,08	1,269	1,239	1,211	1,184	1,158	1,133	1,110
2,7	129,34	1,319	1,288	1,255	1,230	1,203	1,177	1,153
2,8	130,55	1,369	1,336	1,305	1,276	1,248	1,221	1,196
2,9	131,73	1,419	1,385	1,353	1,322	1,293	1,266	1,239
3,0	132,88	1,469	1,433	1,400	1,368	1,338	1,310	1,282
3,2	135,08	1,569	1,531	1,495	1,461	1,429	1,398	1,369
3,4	137,18	1,669	1,629	1,590	1,554	1,520	1,487	1,456
3,6	139,18	1,770	1,727	1,686	1,647	1,611	1,576	1,543
3,8	141,09	1,871	1,826	1,782	1,741	1,702	1,665	1,630
4,0	142,9	1,973	1,925	1,878	1,835	1,793	1,754	1,717
4,2	144,68	2,074	2,024	1,974	1,929	1,885	1,844	1,804
4,4	146,38	2,177	2,123	2,071	2,023	1,977	1,933	1,892
4,6	148,01	2,279	2,222	2,168	2,117	2,069	2,023	1,979
4,8	149,59	2,382	2,321	2,265	2,211	2,161	2,113	2,067
5,0	151,11	2,485	2,421	2,326	2,306	2,253	2,203	2,155

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5,5	154,72	2,744	2,673	2,606	2,544	2,484	2,428	2,375
6,0	158,08	3,007	2,926	2,852	2,783	2,717	2,655	2,597
6,5	161,22	3,271	3,182	3,100	3,022	2,951	2,883	2,820
7,0	164,17	3,537	3,440	3,349	3,266	3,187	3,113	3,044
7,5	166,22	3,807	3,700	3,601	3,510	3,425	3,344	3,268
8,0	169,61	4,078	3,962	3,855	3,756	3,663	3,575	3,493
8,5	172,12	-	4,226	4,110	4,002	3,902	3,808	3,720
9,0	174,53	-	4,494	4,367	4,250	4,142	4,042	3,948
9,5	176,83	-	4,764	4,625	4,500	4,385	4,275	4,175
10,0	179,04	-	5,035	4,878	4,753	4,630	4,515	4,407
11,0	183,20	-	-	5,417	5,263	5,123	4,992	4,871
12,0	187,08	-	-	5,963	5,784	5,621	5,473	5,339
13,0	190,71	-	-	-	6,317	6,125	5,963	5,810

P, кгс/см ³	t _{н.п.} , °C	t, °C						
		240	250	260	270	280	290	300
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,0	99,09	0,4156	0,4071	0,3998	0,3925	0,3852	0,3784	0,3717
1,1	101,76	0,4574	0,4480	0,4399	0,4318	0,4239	0,4163	0,4089
1,2	104,25	0,4990	0,4888	0,4800	0,4712	0,4625	0,4541	0,4460

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,3	106,56	0,5408	0,5298	0,5206	0,5107	0,5012	0,4921	0,4833
1,4	108,74	0,5828	0,5710	0,5708	0,5501	0,5400	0,5302	0,5207
1,5	110,79	0,6247	0,6120	0,6010	0,5895	0,5787	0,5682	0,5581
1,6	112,73	0,6667	0,6532	0,6413	0,6289	0,6173	0,6064	0,5955
1,7	114,57	0,7086	0,6944	0,68185	0,6684	0,6562	0,6443	0,6330
1,8	116,33	0,7505	0,7358	0,7218	0,7079	0,6949	0,6821	0,6705
1,9	118,01	0,7924	0,7746	0,7622	0,7474	0,7337	0,7205	0,7079
2,0	119,62	0,8344	0,8174	0,8027	0,7879	0,7725	0,7587	0,7453
2,1	121,16	0,8764	0,8586	0,8432	0,8264	0,8114	0,7968	0,7827
2,2	122,65	0,9184	0,9000	0,8836	0,8660	0,8502	0,8347	0,8202
2,3	124,08	0,9606	0,9416	0,9240	0,9057	0,8890	0,8734	0,8577
2,4	125,46	1,003	0,9833	0,9643	0,9465	0,9278	0,9116	0,8952
2,5	126,79	1,045	1,024	1,004	0,9852	0,9669	0,9497	0,9328
2,6	128,08	1,087	1,065	1,045	1,025	1,006	0,9881	0,9699
2,7	129,34	1,129	1,107	1,085	1,065	1,045	1,026	1,008
2,8	130,55	1,172	1,148	1,126	1,105	1,084	1,064	1,045
2,9	131,73	1,214	1,190	1,166	1,144	1,123	1,102	1,083
3,0	132,88	1,256	1,231	1,207	1,184	1,162	1,141	1,121
3,2	135,08	1,341	1,314	1,288	1,264	1,240	1,218	1,196
3,4	137,18	1,426	1,397	1,370	1,344	1,318	1,294	1,271

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,6	139,18	1,511	1,481	1,452	1,424	1,397	1,371	1,346
3,8	141,09	1,596	1,546	1,534	1,504	1,476	1,448	1,422
4,0	142,9	1,682	1,647	1,615	1,584	1,554	1,525	1,497
4,2	144,68	1,767	1,731	1,697	1,644	1,632	1,602	1,573
4,4	146,38	1,852	1,815	1,779	1,744	1,711	1,679	1,649
4,6	148,01	1,938	1,898	1,861	1,824	1,790	1,756	1,724
4,8	149,59	2,024	1,982	1,943	1,905	1,869	1,834	1,800
5,0	151,11	2,110	2,066	2,025	1,986	1,948	1,911	1,876
5,5	154,72	2,325	2,277	2,231	2,187	2,145	2,105	2,066
6,0	158,08	2,541	2,488	2,438	2,390	2,344	2,300	2,257
6,5	161,22	2,759	2,701	2,646	2,539	2,543	2,495	2,448
7,0	164,17	2,978	2,914	2,855	2,797	2,743	2,690	2,640
7,5	166,22	3,196	3,128	3,064	3,002	2,943	2,886	2,832
8,0	169,61	3,415	3,343	3,274	3,207	3,144	3,083	3,025
8,5	172,12	3,635	3,559	3,484	3,413	3,346	3,281	3,218
9,0	174,53	3,857	3,775	3,695	3,620	3,548	3,479	3,412
9,5	176,83	4,080	3,990	3,907	3,827	3,750	3,676	3,606
10,0	179,04	4,306	4,210	4,120	4,034	3,952	3,874	3,799
11,0	183,20	4,757	4,649	4,548	4,452	4,361	4,274	4,191
12,0	187,08	5,211	5,092	4,980	4,873	4,771	4,675	4,583

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13,0	190,71	5,699	5,537	5,414	5,297	5,187	5,081	4,980

P _r кгс/см ²	t _{н.н.} °C	t, °C								
		310	320	330	340	350	360	370	380	390
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1,0	99,09	0,3652	0,3591	0,3531	0,3472	0,3416	0,3362	0,3309		
1,1	101,76	0,4019	0,3951	0,3885	0,3821	0,3758	0,3698	0,3642		
1,2	104,25	0,4384	0,4310	0,4239	0,4268	0,4102	0,4036	0,3973		
1,3	106,56	0,4750	0,4670	0,4593	0,4517	0,4444	0,4372	0,4305		
1,4	108,74	0,5118	0,5030	0,4947	0,4866	0,4787	0,4710	0,4636		
1,5	110,79	0,5485	0,5390	0,5302	0,5214	0,5129	0,5048	0,4968		
1,6	112,73	0,5851	0,575	0,5657	0,5562	0,5471	0,5385	0,5299		
1,7	114,57	0,6219	0,6112	0,6011	0,5910	0,5814	0,5723	0,5631		
1,8	116,33	0,6583	0,6472	0,6366	0,6260	0,6158	0,6061	0,5963		
1,9	118,01	0,6954	0,6833	0,6721	0,6609	0,6502	0,6398	0,6296		
2,0	119,62	0,7321	0,7194	0,7076	0,6959	0,6845	0,6734	0,6629		
2,1	121,16	0,7686	0,7556	0,743	0,7309	0,7189	0,7072	0,6962		
2,2	122,65	0,8058	0,7918	0,7785	0,7657	0,7531	0,7410	0,7295		
2,3	124,08	0,8425	0,828	0,8141	0,8006	0,7874	0,7748	0,7628		
2,4	125,46	0,8795	0,8642	0,8497	0,8354	0,8217	0,8084	0,7962		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,5	126,79	0,9158	0,9003	0,8852	0,8703	0,8561	0,8420	0,8295
2,6	128,08	0,9533	0,9365	0,9208	0,9053	0,8905	0,8759	0,8627
2,7	129,34	0,9901	0,9728	0,9564	0,9402	0,9251	0,9099	0,8960
2,8	130,55	1,027	1,009	0,9921	0,9751	0,9597	0,9443	0,9294
2,9	131,73	1,064	1,045	1,028	1,010	0,9943	0,9775	0,9627
3,0	132,88	1,101	0,082	1,063	1,045	1,028	1,012	0,9960
3,2	135,08	1,174	1,154	1,134	1,116	1,097	1,080	1,062
3,4	137,18	1,248	1,227	1,206	1,186	1,166	1,148	1,129
3,6	139,18	1,322	1,300	1,277	1,256	1,235	1,216	1,196
3,8	141,09	1,397	1,373	1,349	1,327	1,305	1,284	1,253
4,0	142,9	1,471	1,445	1,420	1,397	1,374	1,351	1,330
4,2	144,68	1,545	1,518	1,492	1,467	1,443	1,419	1,397
4,4	146,38	1,620	1,591	1,564	1,538	1,512	1,488	1,464
4,6	148,01	1,694	1,664	1,636	1,608	1,582	1,556	1,531
4,8	149,59	1,768	1,737	1,707	1,679	1,651	1,624	1,598
5,0	151,11	1,843	1,810	1,779	1,749	1,720	1,692	1,665
5,5	154,72	2,029	1,994	1,959	1,926	1,894	1,863	1,833
6,0	158,08	2,216	2,177	2,139	2,103	2,068	2,034	2,001
6,5	161,22	2,404	2,361	2,320	2,280	2,242	2,205	2,170
7,0	164,17	2,592	2,546	2,501	2,458	2,417	2,377	2,338

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7,5	166,22	2,780	2,730	2,682	2,636	2,592	2,549	2,507
8,0	169,61	2,969	2,915	2,864	2,814	2,767	2,721	2,677
8,5	172,12	3,158	3,101	3,046	2,993	2,943	2,894	2,846
9,0	174,53	3,348	3,287	3,229	3,173	3,119	3,066	3,016
9,5	176,83	3,538	3,473	3,412	3,352	3,295	3,239	3,186
10,0	179,04	3,728	3,660	3,594	3,531	3,471	3,413	3,356
11,0	183,20	4,112	4,036	3,962	3,892	3,826	3,761	3,698
12,0	187,08	4,496	4,413	4,333	4,255	4,181	4,108	4,040
13,0	190,71	4,883	4,792	4,704	4,619	4,537	4,458	4,383

P, кгс/см ²	t _{ц.п.} °C	t, °C							
		380	390	400	410	420	430	440	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1,0	99,09	0,3258	0,3209	0,3162	-	-	-	-	
1,1	101,76	0,3586	0,3531	0,3478	-	-	-	-	
1,2	104,25	0,3911	0,3852	0,3795	-	-	-	-	
1,3	106,56	0,4237	0,4174	0,4112	-	-	-	-	
1,4	108,74	0,4564	0,4496	0,4429	-	-	-	-	
1,5	110,79	0,4892	0,4817	0,4746	-	-	-	-	
1,6	112,73	0,5219	0,5139	0,5036	-	-	-	-	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,7	114,57	0,5546	0,5461	0,5379	-	-	-	-
1,8	116,33	0,5872	0,5784	0,5695	-	-	-	-
1,9	118,01	0,6200	0,6105	0,6013	-	-	-	-
2,0	119,62	0,6527	0,6427	0,6331	-	-	-	-
2,1	121,16	0,6854	0,675	0,6649	-	-	-	-
2,2	122,65	0,7181	0,7079	0,6966	-	-	-	-
2,3	124,08	0,7508	0,7394	0,7283	-	-	-	-
2,4	125,46	0,7835	0,7716	0,7600	-	-	-	-
2,5	126,79	0,8163	0,8038	0,7918	-	-	-	-
2,6	128,08	0,8490	0,8361	0,8236	-	-	-	-
2,7	129,34	0,8818	0,8685	0,8554	-	-	-	-
2,8	130,55	0,9147	0,9009	0,8871	-	-	-	-
2,9	131,73	0,9477	0,9337	0,9189	-	-	-	-
3,0	132,88	0,9804	0,9652	0,9506	-	-	-	-
3,2	135,08	1,0460	1,030	1,0140	-	-	-	-
3,4	137,18	1,1120	1,095	1,078	-	-	-	-
3,6	139,18	1,177	1,159	1,142	-	-	-	-
3,8	141,09	1,243	1,224	1,206	-	-	-	-
4,0	142,9	1,309	1,289	1,269	-	-	-	-
4,2	144,68	1,375	1,354	1,333	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4,4	146,38	1,441	1,419	1,397	-	-	-	-
4,6	148,01	1,507	1,483	1,461	-	-	-	-
4,8	149,59	1,573	1,548	1,525	-	-	-	-
5,0	151,11	1,639	1,613	1,589	-	-	-	-
5,5	154,72	1,804	1,776	1,749	1,723	1,697	1,672	1,648
6,0	158,08	1,969	1,939	1,909	1,880	1,852	1,825	1,799
6,5	161,22	2,135	2,102	2,070	2,038	2,008	1,979	1,950
7,0	164,17	2,301	2,265	2,230	2,195	2,164	2,132	2,101
7,5	166,22	2,467	2,428	2,391	2,352	2,320	2,286	2,253
8,0	169,61	2,634	2,592	2,552	2,511	2,476	2,439	2,404
8,5	172,12	2,800	2,756	2,714	2,671	2,632	2,593	2,555
9,0	174,53	2,967	2,920	2,875	2,831	2,789	2,747	2,707
9,5	176,83	3,134	3,084	3,037	2,990	2,946	2,902	2,860
10,0	179,04	3,301	3,249	3,199	3,150	3,103	3,056	3,012
11,0	183,20	3,638	3,579	3,524	3,469	3,416	3,365	3,316
12,0	187,08	3,974	3,911	3,849	3,789	3,731	3,675	3,620
13,0	190,71	4,312	4,243	4,175	4,110	4,047	3,986	3,928

P, кгс/см ²	t _{пл.} , °C	t, °C							
		450	460	470	480	490	500		
1	2	3	4	5	6	7	8		
1,0	99,09	-	-	-	-	-	-		
1,1	101,76	-	-	-	-	-	-		
1,2	104,25	-	-	-	-	-	-		
1,3	106,56	-	-	-	-	-	-		
1,4	108,74	-	-	-	-	-	-		
1,5	110,79	-	-	-	-	-	-		
1,6	112,73	-	-	-	-	-	-		
1,7	114,57	-	-	-	-	-	-		
1,8	116,33	-	-	-	-	-	-		
1,9	118,01	-	-	-	-	-	-		
2,0	119,62	-	-	-	-	-	-		
2,1	121,16	-	-	-	-	-	-		
2,2	122,65	-	-	-	-	-	-		
2,3	124,08	-	-	-	-	-	-		
2,4	125,46	-	-	-	-	-	-		
2,5	126,79	-	-	-	-	-	-		
2,6	128,08	-	-	-	-	-	-		

I	2	3	4	5	6	7	8
2,8	130,55	-	-	-	-	-	-
2,9	131,73	-	-	-	-	-	-
3,0	132,88	-	-	-	-	-	-
3,2	135,08	-	-	-	-	-	-
3,4	137,18	-	-	-	-	-	-
3,6	139,18	-	-	-	-	-	-
3,8	141,09	-	-	-	-	-	-
4,0	142,9	-	-	-	-	-	-
4,2	144,68	-	-	-	-	-	-
4,4	146,38	-	-	-	-	-	-
4,6	148,01	-	-	-	-	-	-
4,8	149,59	-	-	-	-	-	-
5,0	151,11	-	-	-	-	-	-
5,5	154,72	1,625	1,602	1,580	1,559	1,538	1,518
6,0	158,08	1,774	1,749	1,725	1,702	1,679	1,657
6,5	161,22	1,922	1,895	1,870	1,844	1,820	1,796
7,0	164,17	2,072	2,043	2,014	1,987	1,960	1,935
7,5	166,22	2,221	2,190	2,159	2,130	2,101	2,073
8,0	169,61	2,370	2,336	2,304	2,273	2,242	2,212

8,5	172,12	2,519	2,484	2,449	2,416	2,383	2,352
9,0	174,53	2,669	2,631	2,595	2,559	2,525	2,491
9,5	176,83	2,818	2,778	2,740	2,702	2,666	2,630
10,0	179,04	2,968	2,926	2,886	2,846	2,807	2,770
11,0	183,20	3,268	3,222	3,177	3,133	3,090	3,050
12,0	187,08	3,569	3,517	3,469	3,421	3,374	3,329
13,0	190,71	3,870	3,815	3,761	3,709	3,659	3,609

P, кгс/см ²	t _{пл.} , °C	t, °C								
		190	200	210	220	230	240	250		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
14	194,13	-	6,842	6,640	6,456	6,289	6,135	5,988		
15	197,36	-	7,391	7,163	6,959	6,775	6,605	6,443		
16	200,43	-	-	7,692	7,468	7,267	7,077	6,909		
17	203,35	-	-	8,237	7,987	7,770	7,553	7,372		
18	206,14	-	-	8,787	8,511	8,276	8,038	7,839		
19	208,81	-	-	9,346	9,042	8,786	8,530	8,309		
20	211,38	-	-	-	9,578	9,298	9,024	8,783		
21	213,85	-	-	-	10,13	9,813	9,524	9,259		
22	216,23	-	-	-	10,69	10,33	10,02	9,746		
23	218,53	-	-	-	11,25	10,87	10,54	10,24		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	220,75	-	-	-	-	11,42	11,06	10,74
25	222,90	-	-	-	-	11,97	11,58	11,24
26	224,98	-	-	-	-	12,53	12,12	11,75
27	227,01	-	-	-	-	13,10	12,66	12,26
28	228,98	-	-	-	-	13,68	13,21	12,79
29	230,89	-	-	-	-	-	13,77	13,31
30	232,75	-	-	-	-	-	14,33	13,85
31	234,57	-	-	-	-	-	14,91	14,39
32	236,35	-	-	-	-	-	15,49	14,94
33	238,08	-	-	-	-	-	16,08	15,50
34	239,77	-	-	-	-	-	16,68	16,07
35	241,42	-	-	-	-	-	-	16,64
36	243,04	-	-	-	-	-	-	17,22
37	244,62	-	-	-	-	-	-	17,82
38	246,17	-	-	-	-	-	-	18,42
39	247,69	-	-	-	-	-	-	19,02
40	249,18	-	-	-	-	-	-	19,65
41	250,64	-	-	-	-	-	-	-
42	252,07	-	-	-	-	-	-	-
43	253,48	-	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	254,87	-	-	-	-	-	-	-
45	256,23	-	-	-	-	-	-	-
46	257,56	-	-	-	-	-	-	-
47	258,88	-	-	-	-	-	-	-
48	260,17	-	-	-	-	-	-	-
49	261,45	-	-	-	-	-	-	-
50	262,70	-	-	-	-	-	-	-
52	265,15	-	-	-	-	-	-	-
54	267,53	-	-	-	-	-	-	-
56	269,84	-	-	-	-	-	-	-
58	272,10	-	-	-	-	-	-	-
60	274,29	-	-	-	-	-	-	-
62	276,43	-	-	-	-	-	-	-
64	278,51	-	-	-	-	-	-	-

P, кгс/см ²	t _{н.п.} , °C	t, °C								
		260	270	280	290	300	310	320		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
14	194,13	5,851	5,724	5,602	5,485	5,376	5,271	5,171		
15	197,36	6,293	6,154	6,020	5,893	5,774	5,659	5,555		

16	200,43	6,738	6,588	6,443	6,305	6,177	6,053	5,938
17	203,35	7,188	7,022	6,868	6,720	6,582	6,447	6,324
18	206,14	7,639	7,463	7,294	7,138	6,988	6,845	6,714
19	208,81	8,097	7,905	7,728	7,558	7,396	7,245	7,104
20	211,38	8,5560	8,354	8,163	7,981	7,806	7,645	7,494
21	213,85	9,025	8,803	8,598	8,403	8,228	8,052	7,886
22	216,23	9,497	9,259	9,048	8,834	8,636	8,453	8,281
23	218,53	9,970	9,718	9,479	9,266	9,058	8,864	8,681
24	220,75	10,45	10,18	9,93	9,698	9,479	9,276	9,081
25	222,90	10,93	10,64	10,38	10,13	9,901	9,680	9,482
26	224,98	11,42	11,11	10,83	10,57	10,33	10,10	9,881
27	227,01	11,91	11,59	11,29	11,01	10,76	10,52	10,29
28	228,98	12,41	12,06	11,75	11,46	11,19	10,94	10,70
29	230,89	12,91	12,55	12,22	11,91	11,62	11,36	11,11
30	232,75	13,42	13,04	12,69	12,36	12,06	11,78	11,52
31	234,57	13,94	13,53	13,16	12,82	12,50	12,21	11,94
32	236,35	14,46	14,03	13,64	13,28	12,95	12,64	12,35
33	238,08	14,99	14,53	14,12	13,74	13,40	13,08	12,78
34	239,77	15,52	15,04	14,60	14,21	13,85	13,51	13,20
35	241,42	16,06	15,55	15,09	14,68	14,30	13,95	13,62

	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
36	243,04	16,61	16,07	15,59	15,16	14,76	14,39	14,05
37	244,62	17,16	16,60	16,09	15,63	15,22	14,83	14,48
38	246,17	17,73	17,13	16,60	16,12	15,68	15,28	14,91
39	247,69	18,29	17,66	17,10	16,60	16,15	15,79	15,35
40	249,18	18,88	18,21	17,62	17,10	16,62	16,19	15,78
41	250,64	19,47	18,76	18,14	17,59	17,10	16,65	16,23
42	252,07	20,06	19,32	18,67	18,10	17,58	17,11	16,67
43	253,48	20,66	19,88	19,20	18,60	18,06	17,57	17,12
44	254,87	21,28	20,46	19,74	19,11	18,54	18,04	17,57
45	256,23	21,90	21,04	20,29	19,63	19,04	18,50	18,02
46	257,56	22,53	21,62	20,84	20,15	19,53	18,98	18,47
47	258,88	23,16	22,22	21,39	20,67	20,03	19,46	18,93
48	260,17	-	22,82	21,96	21,20	20,54	19,94	19,39
49	261,45	-	23,44	22,53	21,74	21,05	20,42	19,86
50	262,70	-	24,06	23,11	22,29	21,56	20,92	20,33
52	265,15	-	25,32	24,29	23,39	22,60	21,90	21,28
54	267,53	-	26,64	25,50	24,52	23,67	22,91	22,24
56	269,84	-	28,00	26,74	25,67	24,75	23,93	23,21
58	272,10	-	-	28,04	26,86	25,85	24,98	24,20
60	274,29	-	-	29,37	28,07	26,99	26,04	25,21

	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
62	276,43	-	-	30,75	29,33	28,14	27,12	26,23
64	278,51	-	-	32,14	30,61	29,33	28,23	27,28

P, кгс/см ²	t _{н.п.} °C	t, °C								
		330	340	350	360	370	380	390		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
14	194,13	5,067	4,984	4,895	4,810	4,728	4,651	4,574		
15	197,36	5,450	5,350	5,255	5,163	5,076	4,990	4,909		
16	200,43	5,824	5,718	5,615	5,517	5,423	5,330	5,244		
17	203,35	6,203	6,086	5,977	5,872	5,770	5,672	5,580		
18	206,14	6,583	6,457	6,341	6,227	6,120	6,017	5,917		
19	208,81	6,964	6,831	6,707	6,582	6,471	6,369	6,254		
20	211,38	7,348	7,205	7,072	6,942	6,821	6,714	6,592		
21	213,85	7,732	7,582	7,440	7,302	7,147	7,059	6,930		
22	216,23	8,117	7,960	7,812	7,664	7,530	7,407	7,270		
23	218,53	8,503	8,338	8,183	8,030	7,886	7,755	7,613		
24	220,75	8,893	8,718	8,554	8,396	8,242	8,104	7,955		
25	222,90	9,285	9,099	8,928	8,760	8,598	8,453	8,299		
26	224,98	9,677	9,484	9,302	9,131	8,960	8,803	8,643		
27	227,01	10,07	9,872	9,680	9,502	9,320	9,154	8,988		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	228,98	10,47	10,26	10,06	9,872	9,680	9,506	9,337
29	230,89	10,87	10,65	10,44	10,24	10,05	9,861	9,690
30	232,75	11,27	11,04	10,82	10,61	10,41	10,22	10,04
31	234,57	11,68	11,44	11,20	10,99	10,78	10,58	10,39
32	236,35	12,08	11,83	11,59	11,36	11,14	10,94	10,74
33	238,08	12,50	12,23	11,98	11,74	11,51	11,30	11,09
34	239,77	12,90	12,63	12,36	12,12	11,88	11,66	11,45
35	241,42	13,32	13,03	12,76	12,50	12,25	12,02	11,80
36	243,04	13,73	13,46	13,15	12,88	12,63	12,39	12,16
37	244,62	14,15	13,84	13,54	13,27	13,00	12,76	12,52
38	246,17	14,57	14,24	13,94	13,65	13,38	13,12	12,87
39	247,69	14,99	14,65	14,34	14,04	13,76	13,49	13,23
40	249,18	15,41	15,06	14,74	14,43	14,14	13,86	13,60
41	250,64	15,84	15,48	15,14	14,82	14,52	14,23	13,96
42	252,07	16,27	15,89	15,54	15,21	14,90	14,60	14,32
43	253,48	16,70	16,31	15,94	15,60	15,28	14,98	14,69
44	254,87	17,14	16,73	16,35	16,00	15,67	15,35	15,05
45	256,23	17,57	17,15	16,76	16,40	16,05	15,73	15,42
46	257,56	18,01	17,58	17,17	16,80	16,44	16,11	15,79
47	258,88	18,45	18,00	17,59	17,20	16,83	16,49	16,16

Продовження табл. 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
48	260,17	18,90	18,43	18,00	17,6	17,22	16,87	16,53
49	261,45	19,34	18,86	18,42	18,00	17,61	17,25	16,90
50	262,70	19,79	19,30	18,84	18,41	18,01	17,63	17,28
52	265,15	20,70	20,18	19,69	19,23	18,80	18,41	18,03
54	267,53	21,62	21,06	20,54	20,06	19,61	19,18	18,79
56	269,84	22,56	21,95	21,40	20,89	20,41	19,96	19,55
58	272,10	23,50	22,86	22,28	21,73	21,23	20,76	20,32
60	274,29	24,46	23,79	23,17	22,59	22,06	21,56	21,09
62	276,43	25,43	24,72	24,06	23,45	22,88	22,36	21,87
64	278,51	26,42	25,65	24,96	24,32	23,72	23,17	22,66

P, кгс/см ²	t _{н.п.} , °C	t, °C								
		400	410	420	430	440	450	460		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
14	194,13	4,502	4,431	4,363	4,297	4,234	4,172	4,112		
15	197,36	4,831	4,755	4,682	4,610	4,541	4,474	4,409		
16	200,43	5,160	5,079	5,000	4,924	4,850	4,776	4,708		
17	203,35	5,490	5,403	5,319	5,236	5,157	5,081	5,008		
18	206,14	5,820	5,727	5,637	5,559	5,467	5,385	5,308		
19	208,81	6,150	6,053	5,956	5,865	5,777	5,690	5,608		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	211,38	6,482	6,379	6,277	6,180	6,086	5,995	5,908
21	213,85	6,817	6,707	6,601	6,498	6,398	6,301	6,209
22	216,23	7,153	7,037	6,925	6,816	6,710	6,609	6,510
23	218,53	7,489	7,367	7,250	7,133	7,022	6,917	6,812
24	220,75	7,825	7,698	7,574	7,452	7,337	7,225	7,117
25	222,90	8,163	8,029	7,899	7,770	7,651	7,534	7,424
26	224,98	8,503	8,361	8,224	8,090	7,966	7,843	7,725
27	227,01	8,843	8,693	8,551	8,410	8,280	8,155	8,029
28	228,98	9,183	9,027	8,878	8,734	8,594	8,467	8,355
29	230,89	9,524	9,369	9,205	9,058	8,909	8,780	8,643
30	232,75	9,866	9,699	9,533	9,384	9,299	9,094	8,843
31	234,57	10,21	10,03	9,862	9,709	9,551	9,396	9,259
32	236,35	10,55	10,37	10,20	10,03	9,872	9,718	9,569
33	238,08	10,90	10,71	10,53	10,36	10,19	10,03	9,872
34	239,77	11,24	11,05	10,86	10,68	10,51	10,34	10,18
35	241,42	11,59	11,39	11,20	11,01	10,83	10,66	10,49
36	243,04	11,94	11,73	11,53	11,34	11,15	10,98	10,80
37	244,62	12,29	12,07	11,87	11,67	11,48	11,29	11,12
38	246,17	12,64	12,42	12,20	12,00	11,80	11,61	11,43
39	247,69	12,99	12,76	12,54	12,33	12,12	11,93	11,74

1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	249,18	13,34	13,11	12,88	12,66	12,45	12,25	12,06
41	250,64	13,70	13,45	13,22	12,99	12,78	12,57	12,37
42	252,07	14,06	13,80	13,56	13,33	13,10	12,89	12,68
43	253,48	14,41	14,15	13,90	13,66	13,43	13,21	13,00
44	254,87	14,77	14,50	14,24	13,99	13,76	13,53	13,31
45	256,23	15,13	14,85	14,58	14,33	14,09	13,85	13,63
46	257,56	15,49	15,20	14,93	14,67	14,42	14,18	13,95
47	258,88	15,85	15,55	15,27	15,01	14,75	14,50	14,27
48	260,17	16,21	15,91	15,62	15,34	15,08	14,83	14,58
49	261,45	16,58	16,26	15,97	15,68	15,41	15,15	14,90
50	262,70	16,94	16,63	16,31	16,02	15,74	15,48	15,22
52	265,15	17,67	17,33	17,01	16,70	16,41	16,13	15,86
54	267,53	18,41	18,05	17,71	17,39	17,09	16,80	16,51
56	269,84	19,15	18,78	18,42	18,08	17,76	17,46	17,16
58	272,10	19,90	19,51	19,14	18,78	18,44	18,12	17,81
60	274,29	20,65	20,24	19,85	19,48	19,12	18,79	18,46
62	276,43	21,41	20,98	20,57	20,18	19,81	19,46	19,12
64	278,51	22,17	21,72	21,29	20,88	20,50	20,13	19,78

P, кгс/см ²	t _{н.п.} , °C	t, °C								
		470	480	490	500	510	520	530		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
14	194,13	4,054	3,998	3,943	3,890	-	-	-	-	
15	197,36	4,348	4,286	4,228	4,170	-	-	-	-	
16	200,43	4,642	4,577	4,413	4,452	-	-	-	-	
17	203,35	4,936	4,866	4,801	4,735	-	-	-	-	
18	206,14	5,233	5,157	5,086	5,017	-	-	-	-	
19	208,81	5,528	5,450	5,373	5,299	-	-	-	-	
20	211,38	5,824	5,740	5,661	5,583	-	-	-	-	
21	213,85	6,120	6,032	5,949	5,867	-	-	-	-	
22	216,23	6,418	6,325	6,238	6,151	-	-	-	-	
23	218,53	6,716	6,618	6,528	6,435	-	-	-	-	
24	220,75	7,013	6,911	6,818	6,720	-	-	-	-	
25	222,90	7,312	7,215	7,108	7,007	-	-	-	-	
26	224,98	7,610	7,502	7,397	7,294	-	-	-	-	
27	227,01	7,911	7,800	7,689	7,582	-	-	-	-	
28	228,98	8,212	8,097	7,981	7,868	-	-	-	-	
29	230,89	8,513	8,392	8,271	8,156	-	-	-	-	
30	232,75	8,814	8,668	8,562	8,441	-	-	-	-	

P, кгс/см ²	t _{н.п.} , °C	t, °C								
		3	4	5	6	7	8	9		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
31	234,57	9,106	8,984	8,854	8,728	-	-	-	-	
32	236,35	9,422	9,284	9,149	9,019	-	-	-	-	
33	238,08	9,728	9,581	9,443	9,311	-	-	-	-	
34	239,77	10,03	9,881	9,737	9,597	-	-	-	-	
35	241,42	10,33	10,18	10,03	9,891	-	-	-	-	
36	243,04	10,64	10,48	10,33	10,18	-	-	-	-	
37	244,62	10,95	10,78	10,62	10,47	-	-	-	-	
38	246,17	11,25	11,08	10,92	10,76	-	-	-	-	
39	247,69	11,56	11,38	11,22	11,05	-	-	-	-	
40	249,18	11,87	11,69	11,51	11,34	-	-	-	-	
41	250,64	12,18	11,99	11,81	11,64	-	-	-	-	
42	252,07	12,48	12,29	12,11	11,93	-	-	-	-	
43	253,48	12,80	12,60	12,41	12,23	-	-	-	-	
44	254,87	13,10	12,90	12,71	12,52	-	-	-	-	
45	256,23	13,42	13,21	13,01	12,82	-	-	-	-	
46	257,56	13,73	13,52	13,31	13,11	-	-	-	-	
47	258,88	14,04	13,82	13,61	13,41	-	-	-	-	
48	260,17	14,35	14,13	13,91	13,70	-	-	-	-	
49	261,45	14,67	14,44	14,21	14,00	-	-	-	-	
50	262,70	14,98	14,74	14,52	14,30	14,09	13,88	13,69		

І	2	3	4	5	6	7	8	9
52	265,15	15,61	15,36	15,13	14,90	14,68	14,46	14,26
54	267,53	16,24	15,98	15,73	15,50	15,26	15,04	14,82
58	272,10	17,52	17,23	16,96	16,70	16,45	16,20	15,97
60	274,29	18,16	17,86	17,58	17,30	17,04	16,79	16,54
62	276,43	18,80	18,49	18,20	17,91	17,64	17,37	17,12
64	278,51	19,44	19,12	18,81	18,52	18,23	17,96	17,70

P, кгс/см ²	t _{пл.} °C	t, °C								
		540	550	560	570	580	590	600		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
14	194,13	-	-	-	-	-	-	-		
15	197,36	-	-	-	-	-	-	-		
16	200,43	-	-	-	-	-	-	-		
17	203,35	-	-	-	-	-	-	-		
18	206,14	-	-	-	-	-	-	-		
19	208,81	-	-	-	-	-	-	-		
20	211,38	-	-	-	-	-	-	-		
21	213,85	-	-	-	-	-	-	-		
22	216,23	-	-	-	-	-	-	-		

І	2	3	4	5	6	7	8	9
23	218,53	-	-	-	-	-	-	-
24	220,75	-	-	-	-	-	-	-
25	222,90	-	-	-	-	-	-	-
26	224,98	-	-	-	-	-	-	-
27	227,01	-	-	-	-	-	-	-
28	228,98	-	-	-	-	-	-	-
29	230,89	-	-	-	-	-	-	-
30	232,75	-	-	-	-	-	-	-
31	234,57	-	-	-	-	-	-	-
32	236,35	-	-	-	-	-	-	-
33	238,08	-	-	-	-	-	-	-
34	239,77	-	-	-	-	-	-	-
35	241,42	-	-	-	-	-	-	-
36	243,04	-	-	-	-	-	-	-
37	244,62	-	-	-	-	-	-	-
38	246,17	-	-	-	-	-	-	-
39	247,69	-	-	-	-	-	-	-
40	249,18	-	-	-	-	-	-	-
41	250,64	-	-	-	-	-	-	-
42	252,07	-	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	253,48	-	-	-	-	-	-	-
44	254,87	-	-	-	-	-	-	-
46	257,56	-	-	-	-	-	-	-
47	258,88	-	-	-	-	-	-	-
48	260,17	-	-	-	-	-	-	-
49	261,45	-	-	-	-	-	-	-
50	262,70	13,50	13,31	13,14	12,96	12,79	12,63	12,47
52	265,15	14,06	13,86	13,68	13,50	13,32	13,15	12,98
54	267,53	14,62	14,42	14,22	14,03	13,85	13,67	13,50
56	269,84	15,18	14,97	14,76	14,57	14,38	14,19	14,01
58	272,10	15,74	15,52	15,31	15,10	14,91	14,71	14,53
60	274,29	16,31	16,08	15,86	15,64	15,44	15,24	15,04
62	276,43	16,87	16,64	16,41	16,19	15,97	15,76	15,56
64	278,51	17,44	17,20	16,96	16,73	16,50	16,29	16,08

P, кгс/см ²	t _{н.п.} , °C	t, °C								
		290	300	310	320	330	340	350		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
66	280,55	31,94	30,54	29,36	28,33	27,42	26,61	25,87		
68	282,54	33,31	31,79	30,51	29,40	28,43	27,57	26,80		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	284,48	34,72	33,06	31,68	30,51	29,74	28,56	27,73
72	286,39	36,19	34,38	32,89	31,62	30,52	29,55	28,68
74	288,25	37,71	35,73	34,12	32,76	31,60	30,56	29,64
76	290,08	-	37,12	35,40	33,94	32,69	31,58	30,61
78	291,86	-	38,56	36,68	35,12	33,79	32,64	31,60
80	293,62	-	40,05	38,01	36,34	34,92	33,69	32,60
82	295,34	-	41,60	39,37	37,58	36,06	34,76	33,61
84	297,03	-	43,20	40,78	38,85	37,24	35,86	34,64
86	298,69	-	44,84	42,23	40,16	38,43	36,97	35,69
88	300,32	-	-	43,74	41,49	39,65	38,08	36,74
90	301,92	-	-	45,27	42,86	40,88	39,22	37,81
92	303,49	-	-	46,90	44,29	42,18	40,42	38,91
94	305,04	-	-	48,57	45,72	43,48	41,61	40,02
96	306,56	-	-	50,30	47,21	44,82	42,83	41,14
98	308,06	-	-	52,1	48,76	46,19	44,07	42,28
100	309,53	-	-	54,00	50,40	47,57	45,33	43,46
105	301,12	-	-	-	54,50	51,20	48,64	46,47
110	316,58	-	-	-	59,30	55,20	52,10	49,60
115	319,92	-	-	-	64,60	59,50	55,80	52,90
120	323,15	-	-	-	-	64,20	59,70	56,40

1	2	3	4	5	6	7	8	9
125	326,27	-	-	-	-	69,50	64,00	60,10
130	329,30	-	-	-	-	75,40	68,80	64,10
135	332,23	-	-	-	-	-	74,00	68,30
140	335,09	-	-	-	-	-	79,70	72,80
145	337,86	-	-	-	-	-	86,40	77,90
150	340,56	-	-	-	-	-	-	83,50
155	343,18	-	-	-	-	-	-	89,80
160	345,74	-	-	-	-	-	-	96,80
165	348,23	-	-	-	-	-	-	104,90
170	350,66	-	-	-	-	-	-	-
175	353,03	-	-	-	-	-	-	-
180	355,35	-	-	-	-	-	-	-
185	357,61	-	-	-	-	-	-	-
190	359,82	-	-	-	-	-	-	-
195	361,08	-	-	-	-	-	-	-
200	364,08	-	-	-	-	-	-	-
210	368,16	-	-	-	-	-	-	-
220	372,10	-	-	-	-	-	-	-
230	-	-	-	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
250	-	-	-	-	-	-	-	-
260	-	-	-	-	-	-	-	-

P, кгс/см ²	Ч.п. °C	t, °C							
		360	370	380	390	400	410	420	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
66	280,55	25,20	24,57	23,99	23,45	22,94	22,47	22,02	
68	282,54	26,08	25,42	24,81	24,25	23,72	23,22	22,75	
70	284,48	26,98	26,29	25,65	25,05	24,50	23,96	23,48	
72	286,39	27,89	27,16	26,49	25,87	25,28	24,74	24,23	
74	288,25	28,80	28,04	27,34	26,69	26,08	25,51	24,98	
76	290,08	29,73	28,93	28,20	27,51	26,88	26,28	25,73	
78	291,86	30,67	29,83	29,06	28,34	27,68	27,06	26,49	
80	293,62	31,62	30,73	29,92	29,18	28,49	27,85	27,25	
82	295,34	32,58	31,65	30,81	30,03	29,31	28,64	28,01	
84	297,03	33,56	32,58	31,70	30,88	30,13	29,43	28,79	
86	298,69	34,54	33,52	32,59	31,74	30,96	30,24	29,57	
88	300,32	35,54	34,47	33,50	32,61	31,79	31,04	30,35	
90	301,92	36,55	35,42	34,41	33,48	32,64	31,85	31,12	
92	303,49	37,58	36,40	35,34	34,37	33,69	32,68	31,92	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
94	305,04	38,62	37,38	36,28	35,27	34,35	33,50	32,72
96	306,56	39,68	38,37	37,22	36,17	35,21	34,33	33,52
98	308,06	40,75	39,38	38,18	37,08	36,09	35,17	34,33
100	309,53	41,84	40,41	39,14	38,01	36,97	36,02	35,15
105	313,12	44,62	43,01	41,60	40,34	39,20	38,15	37,20
110	316,58	47,50	45,72	44,15	42,75	41,649	40,36	39,31
115	319,92	50,50	48,52	46,77	45,23	43,84	42,59	41,49
120	323,15	53,70	51,40	49,46	47,76	46,23	44,86	43,63
125	326,27	57,00	54,40	52,20	50,40	48,68	47,19	45,85
130	329,30	60,50	57,60	55,20	53,00	51,20	49,60	48,15
135	332,23	64,20	60,90	58,10	55,80	53,80	52,10	50,50
140	335,09	68,10	64,40	61,30	58,80	56,50	54,60	52,80
145	337,85	72,20	67,70	64,40	61,60	59,20	57,10	55,20
150	340,56	76,50	71,60	67,80	64,70	62,10	59,80	57,80
155	343,18	81,30	75,70	71,40	67,90	65,00	62,50	60,30
160	345,74	86,90	80,20	75,20	71,30	68,10	65,30	62,90
165	348,23	92,50	84,60	78,90	74,60	71,10	68,10	65,60
170	350,66	98,90	89,60	83,10	78,20	74,40	71,10	68,40
175	353,03	106,50	95,10	87,50	82,00	77,80	74,20	71,10
180	355,35	115,5	101,00	92,20	86,10	81,30	77,40	74,10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
185	357,61	126,7	107,6	97,20	90,30	85,00	80,60	77,10
190	359,82	142,40	115,20	102,70	94,80	88,80	84,10	80,20
195	361,98	-	123,90	108,60	99,50	92,80	87,60	83,30
200	364,08	-	134,00	114,90	104,50	97,00	91,30	86,70
210	368,16	-	167,50	130,60	115,50	106,30	99,20	93,60
220	372,10	-	-	151,30	128,50	116,70	107,90	101,20
230	-	-	-	183,50	144,90	128,20	117,40	109,40
240	-	-	-	-	166,40	141,40	127,90	118,20
250	-	-	-	-	195,30	157,50	139,70	127,90
260	-	-	-	-	238,70	177,60	153,10	138,10
270	-	-	-	-	-	202,80	167,80	149,00
280	-	-	-	-	-	235,30	185,50	161,60
290	-	-	-	-	-	276,20	206,20	175,40
300	-	-	-	-	-	324,70	231,00	191,20

P, кгс/см ²	t _{н.п.} , °C	t, °C								
		430	440	450	460	470	480	490		
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
66	280,55	21,59	21,19	20,81	20,44	20,09	19,76	19,44		
68	282,54	22,31	21,89	21,49	21,10	20,74	20,40	20,06		

Продовження табл. 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	284,48	23,03	22,59	22,17	21,78	21,40	21,04	20,69
72	286,39	23,75	23,29	22,86	22,45	22,06	21,68	21,32
74	288,25	24,48	24,00	23,55	23,12	22,72	22,33	21,95
76	290,08	25,21	24,72	24,25	23,80	23,38	22,98	22,59
78	291,86	25,94	25,43	24,95	24,48	24,04	23,63	23,23
80	293,62	26,68	26,15	25,65	25,17	24,71	24,28	23,87
82	295,34	27,42	26,87	26,35	25,85	25,38	24,94	24,51
84	297,03	28,17	27,59	27,06	26,55	26,06	25,60	25,16
86	298,69	28,93	28,33	27,77	27,24	26,74	26,26	25,81
88	300,32	29,69	29,07	28,49	27,94	27,42	26,92	26,46
90	301,92	30,45	29,81	29,21	28,64	28,10	27,59	27,10
92	303,49	31,21	30,55	29,93	29,34	28,78	28,26	27,75
94	305,04	31,98	31,30	30,66	30,03	29,48	28,93	28,41
96	306,56	32,76	32,05	31,39	30,75	30,16	29,61	29,08
98	308,06	33,54	32,81	32,12	31,48	30,86	30,29	29,74
100	309,53	34,33	33,57	32,86	32,20	31,56	30,98	30,41
105	313,12	36,32	35,51	34,75	34,01	33,33	32,69	32,08
110	316,58	38,34	37,35	36,63	35,86	35,12	34,44	33,78
115	319,92	40,40	39,43	38,54	37,61	36,93	36,19	35,51
120	323,15	42,50	41,46	40,50	39,60	38,76	37,96	37,22

Продовження табл. 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
125	326,27	44,64	43,54	42,50	41,53	40,62	39,76	38,96
130	329,30	46,82	45,60	44,48	43,46	42,50	41,60	40,73
135	332,23	49,04	47,73	46,53	45,41	44,38	43,42	42,54
140	335,09	51,30	49,90	48,61	47,42	46,32	45,29	44,34
145	337,86	53,60	52,10	50,70	49,46	48,28	47,19	46,17
150	340,56	56,00	54,40	52,80	51,50	50,0	49,09	48,01
155	343,18	58,40	56,60	55,00	53,60	52,30	51,00	49,90
160	345,74	60,90	59,00	57,30	55,70	54,30	53,00	51,80
165	348,23	63,30	61,40	59,50	57,90	56,40	55,00	53,70
170	350,66	65,90	63,70	61,80	60,10	58,50	57,00	55,60
175	353,03	68,50	66,20	64,20	62,30	60,60	59,00	57,60
180	355,35	71,20	68,70	66,50	64,60	62,80	61,10	59,60
185	357,61	74,00	71,30	69,00	66,80	65,00	63,20	61,60
190	359,82	76,9	74,0	71,4	69,2	67,2	65,4	63,6
195	361,98	79,7	76,7	74,0	71,6	69,4	67,5	65,8
200	364,08	82,8	79,5	76,6	74,1	71,8	69,7	67,8
210	368,16	89,1	85,3	82,0	79,1	76,5	74,2	72,1
220	372,10	95,9	91,4	87,6	84,4	81,5	78,9	76,5
230	-	103,0	97,8	93,5	89,8	86,6	83,8	81,1
240	-	110,7	104,7	99,6	95,4	91,8	88,6	85,8
250	-	118,9	111,7	105,8	101,2	97,3	93,8	90,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
260	-	127,9	119,2	112,6	107,3	102,9	99,0	95,5
270	-	136,6	126,2	119,8	113,8	108,8	104,5	100,7
280	-	146,4	135,5	127,0	120,5	114,9	110,1	105,9
290	-	157,0	144,3	135,0	127,4	121,2	115,9	111,4
300	-	168,6	153,8	143,1	134,6	127,7	122,0	117,0

Таблиця 5.5. Коefіцієнт стисливості природних газів, що не містять у своєму складі CO₂ і N₂.

Ріп, кгс/см ²	тп, °С														
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	0,9960	0,9964	0,9966	0,9968	0,9970	0,9972	0,9974	0,9976	0,9978	0,9978	0,9980	0,9980			
2	0,9924	0,9928	0,9930	0,9934	0,9938	0,9942	0,9946	0,9948	0,9950	0,9952	0,9954	0,9960			
3	0,9881	0,9889	0,9897	0,9900	0,9907	0,9912	0,9916	0,9922	0,9928	0,9932	0,9936	0,9940			
4	0,9842	0,9851	0,9861	0,9869	0,9877	0,9883	0,9891	0,9899	0,9905	0,9911	0,9914	0,9920			
5	0,9803	0,9814	0,9828	0,9838	0,9846	0,9855	0,9863	0,9873	0,9880	0,9887	0,9893	0,9899			
6	0,9764	0,9780	0,9793	0,9805	0,9816	0,9826	0,9834	0,9847	0,9857	0,9863	0,9871	0,9879			
7	0,9724	0,9743	0,9758	0,9772	0,9785	0,9797	0,9811	0,9822	0,9832	0,9842	0,9849	0,9857			
8	0,9683	0,9705	0,9722	0,9737	0,9754	0,9770	0,9783	0,9796	0,9809	0,9818	0,9828	0,9834			
9	0,9644	0,9666	0,9687	0,9706	0,9726	0,9741	0,9756	0,9772	0,9783	0,9795	0,9807	0,9818			
10	0,9604	0,9630	0,9653	0,9674	0,9695	0,9712	0,9730	0,9747	0,9760	0,9774	0,9787	0,9799			

Продовження табл. 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11	0,9565	0,9593	0,9619	0,9642	0,9663	0,9683	0,9703	0,9720	0,9735	0,9750	0,9764	0,9780
12	0,9524	0,9557	0,9558	0,9610	0,9632	0,9655	0,9676	0,9695	0,9713	0,9729	0,9743	0,9760
13	0,9485	0,9520	0,9550	0,9576	0,9602	0,9627	0,9649	0,9670	0,9689	0,9760	0,9724	0,9739
14	0,9444	0,9481	0,9514	0,9544	0,9572	0,9596	0,9621	0,9644	0,9665	0,9683	0,9703	0,9720
15	0,9406	0,9444	0,9479	0,9510	0,9540	0,9568	0,9594	0,9619	0,9640	0,9661	0,9682	0,9701
16	0,9366	0,9408	0,9444	0,9477	0,9509	0,9540	0,9568	0,9593	0,9617	0,9640	0,9661	0,9682
17	0,9326	0,9369	0,9409	0,9444	0,9479	0,9510	0,9540	0,9568	0,9593	0,9617	0,9640	0,9661
18	0,9286	0,9331	0,9373	0,9411	0,9448	0,9481	0,9514	0,9542	0,9570	0,9596	0,9617	0,9642
19	0,9247	0,9294	0,9337	0,9378	0,9415	0,9453	0,9486	0,9518	0,9546	0,9572	0,9596	0,9621
20	0,9206	0,9254	0,9303	0,9344	0,9384	0,9424	0,9459	0,9492	0,9522	0,9550	0,9576	0,9602
21	0,9164	0,9215	0,9267	0,9309	0,9353	0,9395	0,9431	0,9466	0,9498	0,9527	0,9555	0,9581
22	0,9122	0,9178	0,9229	0,9277	0,9322	0,9366	0,9404	0,9442	0,9474	0,9205	0,9535	0,9563
23	0,9080	0,9140	0,9194	0,9245	0,9292	0,9337	0,9378	0,9417	0,9451	0,9483	0,9514	0,9542
24	0,9039	0,9101	0,9157	0,9212	0,9261	0,9308	0,9351	0,9391	0,9428	0,9463	0,9494	0,9524
25	0,8996	0,9061	0,9122	0,9178	0,9229	0,9279	0,9324	0,9366	0,9404	0,9441	0,9474	0,9505
26	0,8954	0,9022	0,9086	0,9145	0,9199	0,9249	0,9297	0,9339	0,9380	0,9419	0,9453	0,9485
27	0,8911	0,8983	0,9049	0,9112	0,9168	0,9219	0,9269	0,9313	0,9357	0,9395	0,9431	0,9466
28	0,8868	0,8944	0,9013	0,9077	0,9136	0,9189	0,9242	0,9288	0,9335	0,9373	0,9411	0,9446
29	0,8826	0,8906	0,8976	0,9044	0,9105	0,9161	0,9214	0,9263	0,9310	0,9351	0,9389	0,9428
30	0,8783	0,8865	0,8940	0,9010	0,9074	0,9131	0,9187	0,9237	0,9287	0,9330	0,9369	0,9408

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
31	0,8741	0,8825	0,8903	0,8978	0,9043	0,9103	0,9161	0,9212	0,9263	0,9310	0,9350	0,9389
32	0,8697	0,8785	0,8868	0,8944	0,9012	0,9074	0,9135	0,9187	0,9240	0,9287	0,9330	0,9369
33	0,8653	0,8746	0,8830	0,8910	0,8979	0,9044	0,9107	0,9163	0,9215	0,9265	0,9310	0,9351
34	0,8610	0,8707	0,8793	0,8875	0,8949	0,9015	0,9081	0,9138	0,9192	0,9244	0,9289	0,9332
35	0,8567	0,8666	0,8756	0,8840	0,8917	0,8986	0,9053	0,9112	0,9168	0,9221	0,9267	0,9312
36	0,8526	0,8626	0,8720	0,8807	0,8887	0,8959	0,9026	0,9086	0,9145	0,9200	0,9247	0,9294
37	0,8482	0,8588	0,8682	0,8774	0,8855	0,8930	0,9000	0,9062	0,9121	0,9177	0,9228	0,9274
38	0,8438	0,8546	0,8647	0,8739	0,8823	0,8902	0,8974	0,9038	0,9100	0,9156	0,9207	0,9256
39	0,8394	0,8506	0,8608	0,8705	0,8792	0,8873	0,8947	0,9012	0,9075	0,9133	0,9185	0,9237
40	0,8349	0,8465	0,8572	0,8669	0,8761	0,8843	0,8918	0,8986	0,9053	0,9112	0,9166	0,9217
41	0,8305	0,8424	0,8535	0,8634	0,8728	0,8813	0,8892	0,8961	0,9029	0,9091	0,9147	0,9198
42	0,8260	0,8383	0,8498	0,8600	0,8695	0,8784	0,8865	0,8935	0,9005	0,9069	0,9126	0,9178
43	0,8215	0,8343	0,8460	0,8567	0,8664	0,8755	0,8838	0,8912	0,8983	0,9046	0,9107	0,9161
44	0,8170	0,8302	0,8423	0,8534	0,8634	0,8726	0,8811	0,8886	0,8961	0,9025	0,9086	0,9141
45	0,8125	0,8261	0,8386	0,8497	0,8602	0,8697	0,8785	0,8861	0,8937	0,9005	0,9065	0,9122
46	0,8080	0,8221	0,8349	0,8463	0,8570	0,8668	0,8757	0,8836	0,8913	0,8983	0,9046	0,9105
47	0,8035	0,8181	0,8311	0,8429	0,8540	0,8639	0,8731	0,8811	0,8890	0,8961	0,9025	0,9086
48	0,7990	0,8141	0,8273	0,8395	0,8507	0,8610	0,8703	0,8788	0,8866	0,8938	0,9006	0,9068
49	0,7945	0,8102	0,8233	0,8361	0,8477	0,8583	0,8677	0,8764	0,8845	0,8918	0,8986	0,9049
50	0,7899	0,8059	0,8200	0,8326	0,8446	0,8553	0,8650	0,8739	0,8821	0,8896	0,8967	0,9032

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
51	0,7852	0,8016	0,8162	0,8291	0,8415	0,8523	0,8624	0,8715	0,8798	0,8875	0,8947	0,9013
52	0,7805	0,7973	0,8123	0,8258	0,8383	0,8494	0,8597	0,8689	0,8775	0,8855	0,8928	0,8995
53	0,7758	0,7932	0,8085	0,8222	0,8351	0,8466	0,8572	0,8664	0,8754	0,8833	0,8908	0,8977
54	0,7712	0,7890	0,8048	0,8188	0,8319	0,8438	0,8545	0,8640	0,8731	0,8811	0,8888	0,8959
55	0,7665	0,7848	0,8010	0,8154	0,8287	0,8409	0,8520	0,8616	0,8708	0,8792	0,8870	0,8942
56	0,7618	0,7805	0,7973	0,8120	0,8257	0,8381	0,8493	0,8594	0,8685	0,8770	0,8850	0,8923
57	0,7572	0,7764	0,7936	0,8087	0,8225	0,8352	0,8466	0,8568	0,8664	0,8749	0,8830	0,8905
58	0,7525	0,7722	0,7898	0,8054	0,8196	0,8325	0,8440	0,8546	0,8642	0,8729	0,8811	0,8888
59	0,7479	0,7681	0,7861	0,8018	0,8165	0,8296	0,8414	0,8521	0,8621	0,8708	0,8793	0,8871
60	0,7432	0,7640	0,7823	0,7985	0,8134	0,8266	0,8387	0,8497	0,8597	0,8689	0,8774	0,8853
61	0,7386	0,7598	0,7784	0,7951	0,8102	0,8237	0,8361	0,8473	0,8575	0,8668	0,8755	0,8836
62	0,7339	0,7556	0,7746	0,7917	0,8071	0,8206	0,8335	0,8449	0,8553	0,8648	0,8736	0,8820
63	0,7293	0,7516	0,7711	0,7883	0,8041	0,8179	0,8309	0,8426	0,8532	0,8629	0,8718	0,8802
64	0,7245	0,7474	0,7673	0,7849	0,8010	0,8154	0,8285	0,8403	0,8510	0,8610	0,8702	0,8782
65	0,7199	0,7433	0,7636	0,7816	0,7980	0,8126	0,8260	0,8378	0,8490	0,8599	0,8682	0,8764
66	0,7153	0,7391	0,7598	0,7783	0,7950	0,8098	0,8236	0,8355	0,8468	0,8568	0,8663	0,8749
67	0,7106	0,7351	0,7561	0,7749	0,7919	0,8068	0,8209	0,8332	0,8448	0,8549	0,8647	0,8733
68	0,7060	0,7309	0,7525	0,7716	0,7890	0,8039	0,8184	0,8309	0,8426	0,8529	0,8628	0,8716
69	0,7014	0,7269	0,7488	0,7682	0,7858	0,8013	0,8159	0,8287	0,8406	0,8510	0,8610	0,8700
70	0,6970	0,7229	0,7452	0,7650	0,7830	0,7990	0,8134	0,8266	0,8383	0,8493	0,8592	0,8684

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
71	0,6923	0,7188	0,7417	0,7618	0,7799	0,7960	0,8110	0,8242	0,8363	0,8474	0,8575	0,8668
72	0,6878	0,7148	0,7380	0,7585	0,7769	0,7935	0,8085	0,8219	0,8342	0,8454	0,8557	0,8652
73	0,6832	0,7107	0,7345	0,7553	0,7741	0,7908	0,8061	0,8197	0,8322	0,8435	0,8540	0,8636
74	0,6787	0,7066	0,7310	0,7522	0,7712	0,7881	0,8035	0,8175	0,8300	0,8415	0,8521	0,8618
75	0,6743	0,7026	0,7174	0,7489	0,7784	0,7855	0,8010	0,8153	0,8281	0,8397	0,8504	0,8602
76	0,6699	0,6987	0,7239	0,7457	0,7655	0,7830	0,7988	0,8131	0,8261	0,8378	0,8488	0,8586
77	0,6655	0,6947	0,7205	0,7426	0,7627	0,7804	0,7965	0,8109	0,8242	0,8360	0,8471	0,8570
78	0,6612	0,6909	0,7170	0,7402	0,7600	0,7778	0,7939	0,8088	0,8222	0,8340	0,8454	0,8554
79	0,6568	0,6870	0,7134	0,7364	0,7570	0,7751	0,7914	0,8065	0,8203	0,8322	0,8435	0,8537
80	0,6525	0,6831	0,7100	0,7334	0,7542	0,7728	0,7890	0,8042	0,8182	0,8305	0,8418	0,8521
81	0,6483	0,6793	0,7064	0,7302	0,7513	0,7700	0,7869	0,8022	0,8163	0,8287	0,8403	0,8507
82	0,6440	0,6755	0,7030	0,7271	0,7486	0,7674	0,7847	0,8002	0,8144	0,8269	0,8386	0,8491
83	0,6400	0,6718	0,6996	0,7240	0,7460	0,7650	0,7824	0,7980	0,8124	0,8251	0,8369	0,8477
84	0,6359	0,6682	0,6964	0,7212	0,7433	0,7626	0,7802	0,7961	0,8105	0,8233	0,8354	0,8463
85	0,6321	0,6647	0,6932	0,7182	0,7406	0,7601	0,7780	0,7941	0,8086	0,8215	0,8339	0,8448
86	0,6283	0,6613	0,6899	0,7135	0,7379	0,7576	0,7758	0,7921	0,8067	0,8199	0,8322	0,8434
87	0,6240	0,6579	0,6867	0,7124	0,7353	0,7554	0,7735	0,7900	0,8048	0,8181	0,8305	0,8420
88	0,6208	0,6544	0,6836	0,7095	0,7326	0,7530	0,7712	0,7879	0,8031	0,8165	0,8290	0,8406
89	0,6171	0,6510	0,6805	0,7067	0,7301	0,7506	0,7692	0,7859	0,8012	0,8148	0,8275	0,8390
90	0,6135	0,6476	0,6775	0,7040	0,7275	0,7483	0,7672	0,7840	0,7995	0,8132	0,8260	0,8377

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
91	0,6101	0,6442	0,6746	0,7012	0,7252	0,7460	0,7650	0,7819	0,7976	0,8116	0,8245	0,8363
92	0,6066	0,6409	0,6716	0,6985	0,7227	0,7438	0,7629	0,7800	0,7959	0,8100	0,8230	0,8350
93	0,6032	0,6378	0,6688	0,6958	0,7201	0,7415	0,7607	0,7782	0,7942	0,8083	0,8215	0,8337
94	0,5997	0,6347	0,6659	0,6932	0,7177	0,7392	0,7588	0,7763	0,7924	0,8067	0,8202	0,8323
95	0,5966	0,6316	0,6631	0,6905	0,7153	0,7370	0,7568	0,7743	0,7907	0,8052	0,8187	0,8310
96	0,5936	0,6287	0,6603	0,6880	0,7128	0,7349	0,7548	0,7726	0,7890	0,8036	0,8172	0,8269
97	0,5909	0,6259	0,6577	0,6855	0,7107	0,7328	0,7530	0,7708	0,7873	0,8022	0,8159	0,8284
98	0,5882	0,6231	0,6550	0,6831	0,7083	0,7308	0,7512	0,7692	0,7856	0,8008	0,8144	0,8270
99	0,5857	0,6205	0,6524	0,6808	0,7062	0,7288	0,7492	0,7673	0,7841	0,7992	0,8131	0,8258
100	0,5831	0,6180	0,6498	0,6785	0,7039	0,7268	0,7473	0,7656	0,7824	0,7978	0,8118	0,8245
101	0,5808	0,6153	0,6474	0,6762	0,7018	0,7247	0,7453	0,7640	0,7811	0,7963	0,8104	0,8233
102	0,5785	0,6130	0,6450	0,6740	0,6997	0,7227	0,7437	0,7624	0,7796	0,7949	0,8090	0,8221
103	0,5764	0,6108	0,6428	0,6719	0,6977	0,7209	0,7419	0,7608	0,7780	0,7935	0,8078	0,8209
104	0,5744	0,6088	0,6404	0,6698	0,6957	0,7189	0,7402	0,7592	0,7765	0,7921	0,8065	0,8199
105	0,5728	0,6068	0,6384	0,6677	0,6937	0,7171	0,7386	0,7576	0,7750	0,7907	0,8054	0,8187
106	0,5710	0,6047	0,6363	0,6656	0,6919	0,7154	0,7369	0,7560	0,7736	0,7894	0,8041	0,8175
107	0,5694	0,6028	0,6344	0,6637	0,6899	0,7135	0,7352	0,7546	0,7723	0,7882	0,8029	0,8164
108	0,5679	0,6011	0,6325	0,6617	0,6881	0,7118	0,7335	0,7530	0,7708	0,7869	0,8016	0,8151
109	0,5666	0,5995	0,6307	0,6600	0,6864	0,7101	0,7319	0,7514	0,7695	0,7855	0,8005	0,8139
110	0,5653	0,5979	0,6290	0,6583	0,6848	0,7084	0,7304	0,7500	0,7681	0,7843	0,7993	0,8129

Продовження табл.5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
111	0,5640	0,5963	0,6273	0,6565	0,6831	0,7068	0,7288	0,7486	0,7669	0,7831	0,7982	0,8119
112	0,5630	0,5949	0,6257	0,6549	0,6814	0,7052	0,7273	0,7471	0,7654	0,7819	0,7970	0,8109
113	0,5621	0,5937	0,6243	0,6532	0,6799	0,7037	0,7258	0,7457	0,7641	0,7807	0,7959	0,8099
114	0,5612	0,5925	0,6229	0,6517	0,6784	0,7021	0,7243	0,7443	0,7629	0,7796	0,7949	0,8089
115	0,5603	0,5915	0,6217	0,6502	0,6768	0,7008	0,7230	0,7432	0,7617	0,7784	0,7938	0,8078
116	0,5597	0,5904	0,6204	0,6489	0,6755	0,6994	0,7217	0,7419	0,7605	0,7774	0,7928	0,8068
117	0,5591	0,5895	0,6192	0,6475	0,6742	0,6980	0,7204	0,7407	0,7594	0,7763	0,7918	0,8059
118	0,5585	0,5885	0,6180	0,6463	0,6728	0,6966	0,7192	0,7395	0,7582	0,7752	0,7908	0,8051
119	0,5580	0,5878	0,6170	0,6450	0,6715	0,6954	0,7178	0,7382	0,7572	0,7742	0,7898	0,8041
120	0,5576	0,5871	0,6160	0,6439	0,6703	0,6942	0,7166	0,7370	0,7561	0,7731	0,7890	0,8032

Рпл., кгс/см ²	t _n , °C												
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	0,9982	0,9984	0,9984	0,9984	0,9986	0,9986	0,9986	0,9986	0,9988	0,9988	0,9988	0,9990	
2	0,9962	0,9964	0,9966	0,9968	0,9970	0,9972	0,9972	0,9972	0,9974	0,9976	0,9978	0,9978	
3	0,9942	0,9944	0,9948	0,9952	0,9954	0,9958	0,9958	0,9958	0,9962	0,9962	0,9966	0,9966	
4	0,9924	0,9928	0,9932	0,9936	0,9940	0,9944	0,9944	0,9944	0,9948	0,9950	0,9954	0,9958	
5	0,9907	0,9911	0,9916	0,9920	0,9924	0,9930	0,9932	0,9932	0,9934	0,9938	0,9944	0,9946	
6	0,9887	0,9893	0,9901	0,9905	0,9909	0,9914	0,9918	0,9918	0,9922	0,9926	0,9932	0,9936	
7	0,9867	0,9873	0,9883	0,9889	0,9893	0,9901	0,9905	0,9905	0,9911	0,9916	0,9922	0,9926	

Продовження табл.5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	0,9846	0,9855	0,9865	0,9873	0,9879	0,9887	0,9893	0,9897	0,9905	0,9911	0,9914
9	0,9830	0,9840	0,9849	0,9857	0,9863	0,9873	0,9879	0,9885	0,9893	0,9899	0,9905
10	0,9811	0,9824	0,9832	0,9842	0,9849	0,9859	0,9867	0,9873	0,9881	0,9889	0,9895
11	0,9793	0,9805	0,9816	0,9826	0,9834	0,9844	0,9853	0,9859	0,9869	0,9877	0,9883
12	0,9776	0,9787	0,9799	0,9811	0,9820	0,9832	0,9840	0,9847	0,9857	0,9867	0,98733
13	0,9756	0,9770	0,9782	0,9795	0,9805	0,9816	0,9828	0,9836	0,9846	0,9855	0,9863
14	0,9737	0,9752	0,9764	0,9780	0,9791	0,9803	0,9814	0,9824	0,9834	0,9844	0,9853
15	0,9720	0,9733	0,9749	0,9764	0,9780	0,9789	0,9801	0,9812	0,9824	0,9834	0,9842
16	0,9701	0,9718	0,9733	0,9749	0,9762	0,9778	0,9789	0,9801	0,9811	0,9822	0,9834
17	0,9682	0,9699	0,9716	0,9733	0,9749	0,9762	0,9773	0,9785	0,9799	0,9811	0,9822
18	0,9665	0,9682	0,9699	0,9718	0,9735	0,9747	0,9762	0,9774	0,9787	0,9799	0,9811
19	0,9644	0,9666	0,9683	0,9703	0,9720	0,9733	0,9750	0,9762	0,9776	0,9789	0,9803
20	0,9625	0,9647	0,9666	0,9687	0,9705	0,9720	0,9737	0,9749	0,9764	0,9778	0,9791
21	0,9606	0,9629	0,9651	0,9670	0,9689	0,9707	0,9726	0,9737	0,9753	0,9768	0,9782
22	0,9587	0,9610	0,9634	0,9655	0,9674	0,9693	0,9712	0,9726	0,9741	0,9757	0,9772
23	0,9568	0,9593	0,9618	0,9640	0,9659	0,9680	0,9699	0,9714	0,9730	0,9745	0,9760
24	0,9552	0,9578	0,9602	0,9625	0,9648	0,9668	0,9686	0,9703	0,9718	0,9735	0,9753
25	0,9533	0,9561	0,9585	0,9612	0,9632	0,9653	0,9674	0,9691	0,9708	0,9726	0,9743
26	0,9514	0,9542	0,9568	0,9597	0,9617	0,9640	0,9661	0,9680	0,9697	0,9716	0,9733
27	0,9496	0,9526	0,9554	0,9582	0,9606	0,9627	0,9648	0,9667	0,9686	0,9705	0,9723

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
28	0,9477	0,9509	0,9539	0,9565	0,9591	0,9614	0,9634	0,9655	0,9674	0,9693	0,9712
29	0,9459	0,9492	0,9522	0,9550	0,9576	0,9600	0,9623	0,9644	0,9665	0,9684	0,9703
30	0,9442	0,9476	0,9507	0,9535	0,9563	0,9587	0,9610	0,9632	0,9653	0,9674	0,9693
31	0,9424	0,9459	0,9490	0,9522	0,9550	0,9576	0,9598	0,9621	0,9642	0,9663	0,9685
32	0,9408	0,9449	0,9474	0,9507	0,9535	0,9565	0,9585	0,9610	0,9630	0,9655	0,9676
33	0,9391	0,9426	0,9457	0,9492	0,9522	0,9552	0,9574	0,9598	0,9619	0,9644	0,9666
34	0,9373	0,9410	0,9449	0,9476	0,9507	0,9539	0,9561	0,9585	0,9610	0,9634	0,9657
35	0,9353	0,9391	0,9428	0,94611	0,9492	0,9524	0,9550	0,9574	0,9598	0,9625	0,9647
36	0,9337	0,9375	0,9413	0,9446	0,9479	0,9513	0,9538	0,9563	0,9589	0,9615	0,9638
37	0,9319	0,9359	0,9397	0,9433	0,9466	0,9500	0,9525	0,9552	0,9578	0,9604	0,9628
38	0,9301	0,9342	0,9380	0,9419	0,9463	0,9488	0,9514	0,9540	0,9568	0,9595	0,9619
39	0,9283	0,9324	0,9366	0,9404	0,9439	0,9474	0,9501	0,9529	0,9557	0,9585	0,9610
40	0,9265	0,9308	0,9349	0,9389	0,9429	0,9461	0,9490	0,9518	0,9548	0,9576	0,9602
41	0,9249	0,9292	0,9335	0,9375	0,9413	0,9448	0,9479	0,9507	0,9537	0,9567	0,9595
42	0,9229	0,9277	0,9319	0,9360	0,9398	0,9435	0,9466	0,9496	0,9527	0,9557	0,9585
43	0,9212	0,9261	0,9304	0,9346	0,9387	0,9424	0,9437	0,9487	0,9518	0,9548	0,9576
44	0,9194	0,9244	0,9290	0,9331	0,9373	0,9409	0,9444	0,9476	0,9507	0,9539	0,9568
45	0,9176	0,9228	0,9276	0,9317	0,9360	0,9398	0,9434	0,9464	0,9498	0,9529	0,9559
46	0,9161	0,9212	0,9258	0,9303	0,9346	0,9386	0,9422	0,9454	0,9487	0,9518	0,9550
47	0,9143	0,9196	0,9244	0,9288	0,9333	0,9375	0,9410	0,9444	0,9479	0,9510	0,9541

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	0,9126	0,9178	0,9229	0,9274	0,9319	0,9360	0,9399	0,9434	0,9468	0,9501	0,9531
49	0,9108	0,9162	0,9215	0,9261	0,9306	0,9349	0,9388	0,9422	0,9459	0,9493	0,9523
50	0,9093	0,9148	0,9199	0,9247	0,9295	0,9339	0,9377	0,9413	0,9448	0,9484	0,9514
51	0,9075	0,9133	0,9185	0,9233	0,9181	0,9326	0,9366	0,9402	0,9439	0,9474	0,9505
52	0,9060	0,9115	0,9169	0,9219	0,9269	0,9313	0,9353	0,9393	0,9429	0,9464	0,9498
53	0,9043	0,9100	0,9155	0,9206	0,9256	0,9303	0,9342	0,9382	0,9418	0,9455	0,9490
54	0,9025	0,9084	0,9141	0,9192	0,9244	0,9290	0,9331	0,9373	0,9411	0,9448	0,9483
55	0,9008	0,9068	0,9126	0,9180	0,9229	0,9277	0,9319	0,9362	0,9400	0,9439	0,9474
56	0,8991	0,9051	0,9112	0,9166	0,9217	0,9256	0,9308	0,9351	0,9391	0,9431	0,9466
57	0,8976	0,9037	0,9098	0,9154	0,9205	0,9252	0,9299	0,9340	0,9382	0,9420	0,9459
58	0,8959	0,9024	0,9084	0,9141	0,9192	0,9242	0,9288	0,9331	0,9373	0,9413	0,9450
59	0,8942	0,9008	0,9070	0,9129	0,9182	0,9231	0,9277	0,9322	0,9364	0,9404	0,9440
60	0,8927	0,8995	0,9056	0,9114	0,9170	0,9221	0,9267	0,9313	0,9355	0,9395	0,9433
61	0,8910	0,8978	0,9043	0,9101	0,9157	0,9208	0,9254	0,9303	0,9348	0,9389	0,9430
62	0,8993	0,8962	0,9029	0,9088	0,9145	0,9196	0,9244	0,9294	0,9337	0,9379	0,9418
63	0,8878	0,8947	0,9015	0,9075	0,9133	0,9185	0,9234	0,9285	0,9330	0,9372	0,9413
64	0,8863	0,8934	0,9002	0,9063	0,9122	0,9175	0,9226	0,9275	0,9321	0,9364	0,9406
65	0,8846	0,8918	0,8988	0,9052	0,9110	0,9163	0,9215	0,9264	0,9312	0,9355	0,9396
66	0,8828	0,8903	0,8973	0,9038	0,9098	0,9152	0,9205	0,9253	0,9301	0,9346	0,9389
67	0,8812	0,8888	0,8961	0,9027	0,9087	0,9141	0,9194	0,9245	0,9294	0,9338	0,9382

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
68	0,8795	0,8875	0,8947	0,9014	0,9075	0,9133	0,9184	0,9235	0,9285	0,9330	0,9375
69	0,8784	0,8861	0,8935	0,9002	0,9062	0,9122	0,9174	0,9228	0,9277	0,9322	0,9367
70	0,8769	0,8848	0,8922	0,8991	0,9053	0,9112	0,9166	0,9219	0,9269	0,9315	0,9360
71	0,8754	0,8833	0,8908	0,8979	0,9041	0,9104	0,9161	0,9213	0,9261	0,9308	0,9355
72	0,8738	0,8820	0,8897	0,8968	0,9031	0,9093	0,9147	0,9201	0,9251	0,9301	0,9348
73	0,8723	0,8805	0,8883	0,8956	0,9020	0,9081	0,9140	0,9192	0,9244	0,9294	0,9340
74	0,8707	0,8790	0,8871	0,8944	0,9010	0,9070	0,9129	0,9182	0,9234	0,9285	0,9331
75	0,8694	0,8777	0,8856	0,8932	0,8998	0,9062	0,9119	0,9174	0,9226	0,9277	0,9326
76	0,8679	0,8765	0,8843	0,8920	0,8988	0,9051	0,9110	0,9168	0,9219	0,9270	0,9320
77	0,8663	0,8752	0,8832	0,8908	0,8978	0,9043	0,9100	0,9159	0,9212	0,9263	0,9313
78	0,8650	0,8739	0,8820	0,8897	0,8966	0,9032	0,9093	0,9150	0,9203	0,9254	0,9304
79	0,8637	0,8726	0,8808	0,8885	0,8955	0,9024	0,9084	0,9143	0,9196	0,9247	0,9297
80	0,8621	0,8710	0,8795	0,8873	0,8945	0,9015	0,9077	0,9136	0,9189	0,9240	0,9292
81	0,8605	0,8697	0,8782	0,8863	0,8935	0,9005	0,9067	0,9126	0,9180	0,9235	0,9286
82	0,8592	0,8684	0,8770	0,8851	0,8925	0,8993	0,9056	0,9119	0,9173	0,9226	0,9279
83	0,8576	0,8671	0,8759	0,8840	0,8913	0,8984	0,9049	0,9110	0,9166	0,9221	0,9270
84	0,8554	0,8658	0,8749	0,8830	0,8903	0,8976	0,9039	0,9103	0,9159	0,9213	0,9266
85	0,8542	0,8645	0,8736	0,8818	0,8893	0,8966	0,9032	0,9094	0,9152	0,9206	0,9260
86	0,8537	0,8634	0,8723	0,8806	0,8885	0,8957	0,9024	0,9085	0,9145	0,9199	0,9254
87	0,8524	0,8623	0,8713	0,8797	0,8875	0,8949	0,9017	0,9079	0,9138	0,9192	0,9247

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
88	0,8510	0,8610	0,8702	0,8785	0,8865	0,8938	0,9008	0,9070	0,9131	0,9187	0,9242
89	0,8497	0,8599	0,8690	0,8774	0,8855	0,8930	0,9000	0,9063	0,9122	0,9180	0,9236
90	0,8485	0,8587	0,8679	0,8764	0,8845	0,8922	0,8991	0,9056	0,9115	0,9173	0,9229
91	0,8473	0,8575	0,8669	0,8755	0,8835	0,8911	0,8984	0,9050	0,9110	0,9168	0,9224
92	0,8460	0,8564	0,8658	0,8746	0,8826	0,8903	0,8976	0,9043	0,9103	0,9161	0,9219
93	0,8448	0,8553	0,8646	0,8736	0,8816	0,8895	0,8967	0,9036	0,9096	0,9156	0,9214
94	0,8435	0,8542	0,8637	0,8726	0,8808	0,8886	0,8961	0,9029	0,9091	0,9150	0,9209
95	0,8424	0,8529	0,8628	0,8716	0,8800	0,8878	0,8954	0,9022	0,9084	0,9144	0,9201
96	0,8410	0,8516	0,8616	0,8706	0,8790	0,8870	0,8945	0,9015	0,9079	0,9140	0,9196
97	0,8398	0,8505	0,8607	0,8697	0,8783	0,8861	0,8937	0,9008	0,9072	0,9133	0,9190
98	0,8386	0,8494	0,8597	0,8689	0,8774	0,8855	0,8928	0,9001	0,9065	0,9127	0,9186
99	0,8375	0,8483	0,8586	0,8679	0,8765	0,8846	0,8920	0,8995	0,9060	0,9120	0,9180
100	0,8364	0,8473	0,8576	0,8669	0,8755	0,8840	0,8913	0,8988	0,9063	0,9114	0,9175
101	0,8352	0,8460	0,8567	0,8660	0,8747	0,8831	0,8908	0,8983	0,9048	0,9110	0,9171
102	0,8341	0,8451	0,8556	0,8652	0,8739	0,8823	0,8902	0,8975	0,9043	0,9105	0,9166
103	0,8331	0,8440	0,8546	0,8642	0,8731	0,8816	0,8893	0,8969	0,9037	0,9099	0,9160
104	0,8319	0,8430	0,8537	0,8632	0,8723	0,8806	0,8885	0,8961	0,9029	0,9094	0,9157

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
105	0,8307	0,8420	0,8527	0,8623	0,8713	0,8800	0,8878	0,8953	0,9022	0,9089	0,9152	
106	0,8297	0,8410	0,8516	0,8613	0,8705	0,8792	0,8871	0,8974	0,9016	0,9084	0,9146	
107	0,8287	0,8401	0,8507	0,8605	0,8695	0,8783	0,8865	0,8941	0,9011	0,9078	0,9141	
108	0,8275	0,8392	0,8497	0,8597	0,8689	0,8777	0,8858	0,8935	0,9006	0,9075	0,9138	
109	0,8266	0,8381	0,8490	0,8587	0,8682	0,8770	0,8851	0,8930	0,9001	0,9070	0,9132	
110	0,8257	0,8372	0,8480	0,8581	0,8674	0,8764	0,8846	0,8925	0,8996	0,9065	0,9128	
111	0,8245	0,8363	0,8471	0,8571	0,8666	0,8755	0,8838	0,8919	0,8990	0,9058	0,9124	
112	0,8236	0,8354	0,8462	0,8562	0,8656	0,8749	0,8831	0,8912	0,8984	0,9053	0,9118	
113	0,8225	0,8343	0,8454	0,8554	0,8650	0,8741	0,8826	0,8906	0,8977	0,9048	0,9115	
114	0,8216	0,8335	0,8446	0,8546	0,8644	0,8734	0,8820	0,8901	0,8972	0,9043	0,9110	
115	0,8206	0,8328	0,8438	0,8540	0,8636	0,8728	0,8815	0,8896	0,8967	0,9040	0,9105	
116	0,8198	0,8319	0,8430	0,8532	0,8629	0,8721	0,8808	0,8893	0,8964	0,9036	0,9102	
117	0,8190	0,8309	0,8421	0,8526	0,8623	0,8716	0,8804	0,8886	0,8961	0,9032	0,9098	
118	0,8182	0,8302	0,8415	0,8518	0,8618	0,8711	0,8798	0,8880	0,8958	0,9029	0,9094	
119	0,8173	0,8293	0,8406	0,8512	0,8611	0,8705	0,8791	0,8875	0,8950	0,9023	0,9091	
120	0,8164	0,8284	0,8397	0,8502	0,8602	0,8698	0,8784	0,8871	0,8947	0,9018	0,9187	

Динамічну в'язкість суміші газів за робочих умов знаходять таким чином. Визначають динамічну в'язкість кожного компонента суміші μ_i при робочій температурі та атмосферному тиску по рис. 5.13 – 5.15, а далі динамічну в'язкість суміші μ_{CM} при робочій температурі та атмосферному тиску:

$$\mu_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \mu_i \sqrt{M_i}}{\sum_{i=1}^n N_i \sqrt{M_i}} = \frac{A}{B}, \quad (5.19)$$

де M_i – молекулярна маса i -го компонента, яка визначається по табл. 5.2.

Визначимо значення псевдокритичних тиску $P_{ПК}$ і температури $T_{ПК}$ газової суміші:

$$P_{ПК} = \sum_{i=1}^n N_i P_{КРi} \quad (5.20)$$

$$T_{ПК} = \sum_{i=1}^n N_i T_{КРi} \quad (5.21)$$

Критичні значення тиску $P_{КРi}$ та температури $T_{КРi}$ i -того компонента газу знаходять по таблиці 5.2.

Псевдокритичні параметри тиску $P_{ПК}$ $T_{ПК}$ сумішей природних газів, що містять CO_2 та N_2 , визначають так:

$$P_{ПК} = 30,168 [0,05993(26,831 - \rho_{НОМ}) + (N_{CO_2} - 0,392N_{N_2})] \quad (5.22)$$

$$T_{ПК} = 88,25 [1,7591(0,56364 + \rho_{НОМ}) - (N_{CO_2} + 1,681N_{N_2})] \quad (5.23)$$

Псевдо критичні параметри $P_{КП}$ і $T_{КП}$ сумішей природних газів, що не містять H_2S , CO_2 та N_2 , знаходять по таблиці 5.7 в залежності від значення густини газу за нормальних умов.

Визначаються відповідно приведені тиск $P_{ПР}$ і температура $T_{ПР}$ газової суміші:

$$P_{ПР} = P/P_{ПК}; \quad (5.24)$$

$$T_{ПР} = T/T_{ПК} \quad (5.25)$$

Таблиця 5.6 Динамічні коефіцієнти в'язкості, мПа·с, рідких речовин і водних розчинів у залежності від температури, °С

Речовина	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	80	100	120
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Азотна кислота (100%-ва)	1,49	1,24	1,05	0,92	0,8	0,72	0,64	0,57	0,5	0,39	0,35	0,31
Азотна кислота (50%-ва)	-	4,0	3,05	2,4	1,88	1,55	1,28	1,07	0,9	0,68	0,53	0,44
Аміак рідкий	0,258	0,251	0,244	0,235	0,226	0,217	0,208	0,199	0,19	-	-	-
Аміачна вода	-	-	-	1,72	1,3	1,05	0,855	0,71	0,6	0,42	0,32	0,23
Анілін	-	-	10,2	6,5	4,4	3,12	2,3	1,8	1,5	1,1	0,8	0,59
Ацетон	0,5	0,442	0,395	0,356	0,322	0,293	0,268	0,246	0,23	0,2	0,17	0,15
Бензол	-	-	0,91	0,76	0,65	0,56	0,492	0,436	0,39	0,316	0,261	0,219
Бутиловий спирт	10,3	7,4	5,19	3,87	2,95	2,28	1,78	1,41	1,14	0,76	0,54	0,38
Вода	-	-	1,79	1,31	1,0	0,801	0,656	0,549	0,496	0,357	0,284	0,232
Діхлоретан	1,54	1,24	1,08	0,95	0,84	0,74	0,65	0,565	0,51	0,42	0,36	0,31
Кальцій хлористий (25%-вий розчин)	10,6	7	4,47	3,36	2,74	2,25	1,85	1,55	-	-	-	-

Закінчення табл. 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Метилловий спирт (100%-вий)	1,16	0,97	0,817	0,68	0,584	0,51	0,45	0,396	0,351	0,29	0,24	0,21
Мурашина кислота	-	-	--	2,25	1,78	1,46	1,22	1,03	0,89	0,68	0,54	0,4
Ідкий натр(50%-вий розчин)	-	-	-	-	-	46	25	16	8,03	5,54	3,97	3,42
Хлористий натрій (20%-вий розчин)	-	4,08	2,67	1,99	1,56	1,24	1,03	0,87	0,74	0,57	0,46	0,38
Олеум (20% SO ₃)	-	-	95	80	36,6	28,8	20,8	12,8	9	5,3	-	-
Сірчана кислота (60%-ва)	20	15	10,5	7,7	5,52	4,08	3,42	2,8	2,4	1,5	1,07	0,9
Соляна кислота (30%-ва)	-	-	--	2,1	1,7	1,48	1,3	-	-	-	-	-
Толуол	1,06	0,9	0,768	0,667	0,586	0,522	0,466	0,42	0,381	0,319	0,271	0,231
Оцтова кислота(100%-ва)	-	-	-	-	1,22	1,04	0,9	0,79	0,7	0,56	0,46	0,37
Хлорбензол	1,48	1,24	1,06	0,91	0,8	0,71	0,64	0,57	0,52	0,435	0,37	0,32
Чотири хлористий вуглець	1,9	1,68	1,35	1,13	0,97	0,84	0,74	0,65	0,59	0,472	0,387	0,323
Етилацетат	0,79	0,67	0,578	0,507	0,449	0,4	0,36	0,326	0,297	0,248	0,21	0,178
Етиловий спирт	-	-	3,69	2,71	2,01	1,53	1,2	0,97	0,79	0,57	0,52	0,43

Таблиця 5.7 Псевдокритичні параметри $P_{ПК}$ та $T_{ПК}$ сумішей природних газів, що не містять H_2S , CO_2 і N_2 .

$\rho_{НОМ}$	$P_{ПК}$	$T_{ПК}$	$\rho_{НОМ}$	$P_{ПК}$	$T_{ПК}$	$\rho_{НОМ}$	$P_{ПК}$	$T_{ПК}$
0,600	47,41	180,64	0,700	47,23	196,16	0,800	47,09	211,68
0,605	47,40	181,41	0,705	47,22	196,99	0,805	47,04	212,46
0,610	47,39	182,19	0,710	47,21	197,71	0,810	47,03	212,23
0,615	47,38	182,96	0,715	47,20	198,49	0,815	47,02	214,01
0,620	47,37	183,74	0,720	47,19	199,26	0,820	47,01	214,79
0,625	47,36	184,52	0,725	47,18	200,04	0,825	47,00	215,56
0,630	47,35	185,29	0,730	47,17	200,82	0,830	46,99	216,34
0,635	47,34	186,07	0,735	47,16	201,59	0,835	46,98	217,12
0,640	47,33	186,85	0,740	47,15	202,37	0,840	46,97	217,89
0,645	47,32	187,62	0,745	47,14	203,14	0,845	46,96	218,67
0,650	47,32	188,40	0,750	47,14	203,92	0,850	46,96	219,44
0,655	47,31	189,17	0,755	47,13	204,70	0,855	46,95	220,22
0,660	47,30	189,95	0,760	47,12	207,47	0,860	46,94	221,00
0,665	47,29	190,73	0,765	47,11	206,25	0,865	46,93	221,77
0,670	47,28	191,50	0,770	47,10	207,03	0,870	46,92	222,55
0,675	47,27	192,28	0,775	47,09	207,80	0,875	46,91	223,32
0,680	47,26	193,06	0,780	47,08	208,58	0,880	46,90	224,10
0,685	47,25	193,83	0,785	47,07	209,35	0,885	46,89	224,88
0,690	47,24	194,61	0,790	47,06	210,13	0,890	46,88	225,65
0,695	47,24	195,38	0,795	47,05	210,19	0,895	46,87	226,43
-	-	-	-	-	-	0,900	46,86	227,21

По графіку на рис. 5.14 знаходять значення c_{μ} в залежності від $P_{ПР}$ і $T_{ПР}$. По відомим значенням c_{μ} та $\mu_{СМ}$ обчислюють динамічну в'язкість газової суміші за робочих умов:

$$\mu = c_{\mu} \mu_{СМ} \quad (5.26)$$

При $P_{ПР} \leq 0,6$ $c_{\mu} = 1$, а отже $\mu = \mu_{СМ}$.

Динамічну в'язкість водяної пари визначають по графіку, що наведений на рис. 5.15.

Показник адиабати χ для окремих газів з достатньою точністю для розрахунків знаходять по таблиці 5.2, а перегрітої водяної пари – по графіку на рис. 5.16.

Для суміші газів при тисках не більше 10 кгс/см^2 :

$$\chi = \sum_{i=1}^n N_i \chi_i, \quad (5.27)$$

де χ_i – показник адиабати i -того компоненту при робочих умовах.

Внутрішній діаметр трубопроводу при робочій температурі:

$$D = K'_1 D_{20}, \quad (5.28)$$

де K'_1 – поправочний множник на теплове розширення матеріалу трубопроводу у діапазоні температур $-20 \dots 60 \text{ }^\circ\text{C}$ з достатньою точністю може бути прийнятим рівним одиниці, а при $t > 60 \text{ }^\circ\text{C}$ його значення для різноманітних марок сталі знаходиться у діапазоні $1,001 \dots 1,002$.

Після того як установлені основні параметри середовища, яке вимірюється, згідно стандарту, обирають верхню межу шкали дифманометру $Q_{ПР}$ з стандартного ряду чисел, що має наступні значення: $(1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0)10^n$, де n – будь яке ціле позитивне число або нуль.

При цьому необхідно, щоб стандартне значення $Q_{ПР}$ було найближчим більшим до заданої величини $Q_{ПВХ}$.

Число Рейнольдса для діаметру D при $Q_{ПР}$ визначають так:

$$\text{Re} = 0,0361 \frac{Q_{ПР}}{D \mu}; \quad (5.29)$$

- при відомій витраті сухого газу в нормальному стані

$$\text{Re} = 0,0361 \frac{Q_{НОМ} \rho_{НОМ}}{D \mu}; \quad (5.30)$$

- при відомій витраті сухої частини вологого газу в нормальному стані

$$\text{Re} = 0,0361 \frac{Q_{НОМ} \rho_{НОМ} \rho_{ВГ}}{D \rho_{СГ} \mu} \quad (5.31)$$

Наступний етап – визначення допоміжної величини S :

- при вимірюванні витрати рідини і пари

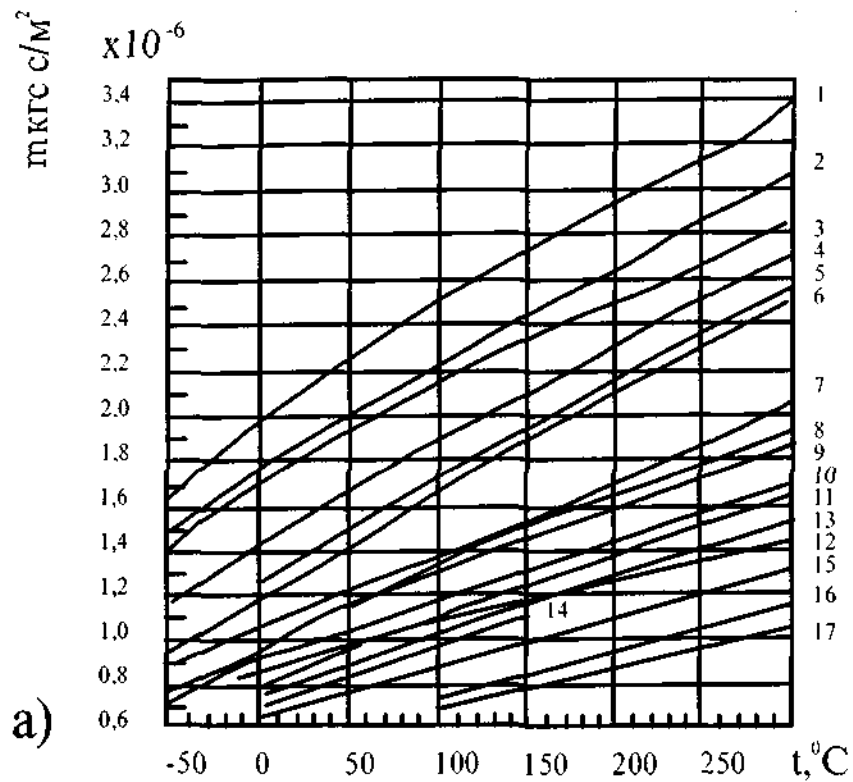


Рис. 5.13. Графіки залежності коефіцієнту динамічної в'язкості газів при нормальному тиску у діапазоні температур, °C: а - -50...300 ; б - 300...600; в - 600...900; 1 - кисень; 2 - повітря; 3 - азот, оксид вуглецю (-50...500 °C); 4 - диоксид вуглецю; 5 - хлор; 6 - сірчистий газ, сірководень; 7 - аміак, ацетилен (0...50 °C), етилен (-50...50 °C); 8 - метан, етилен (300...500 °C); 9 - ацетилен (50...100 °C), етилен (50...300 °C); 10 - етан; 11 - пропілен; 12 - водень; 13 - пропан; 14 - н-бутан, ізобутан; 15 - н-гексан, ізопентан (0...150 °C), н-пентан; 16 - н-гексан; 17 - н-оксан.

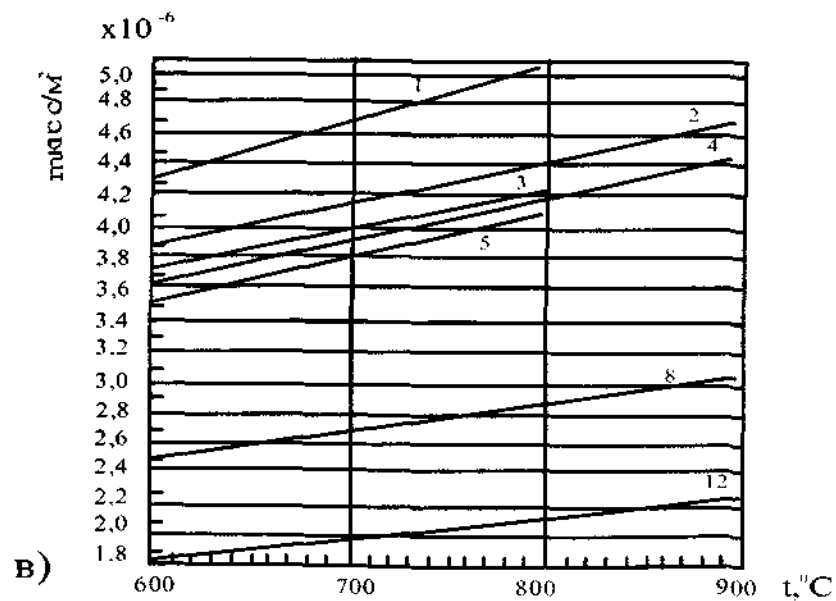
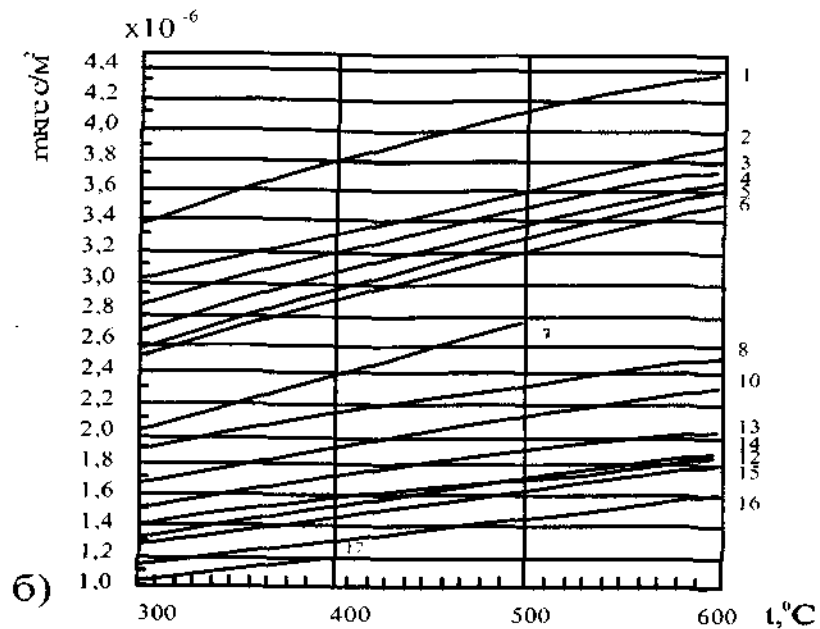


Рис. 5.13. Закінчення.

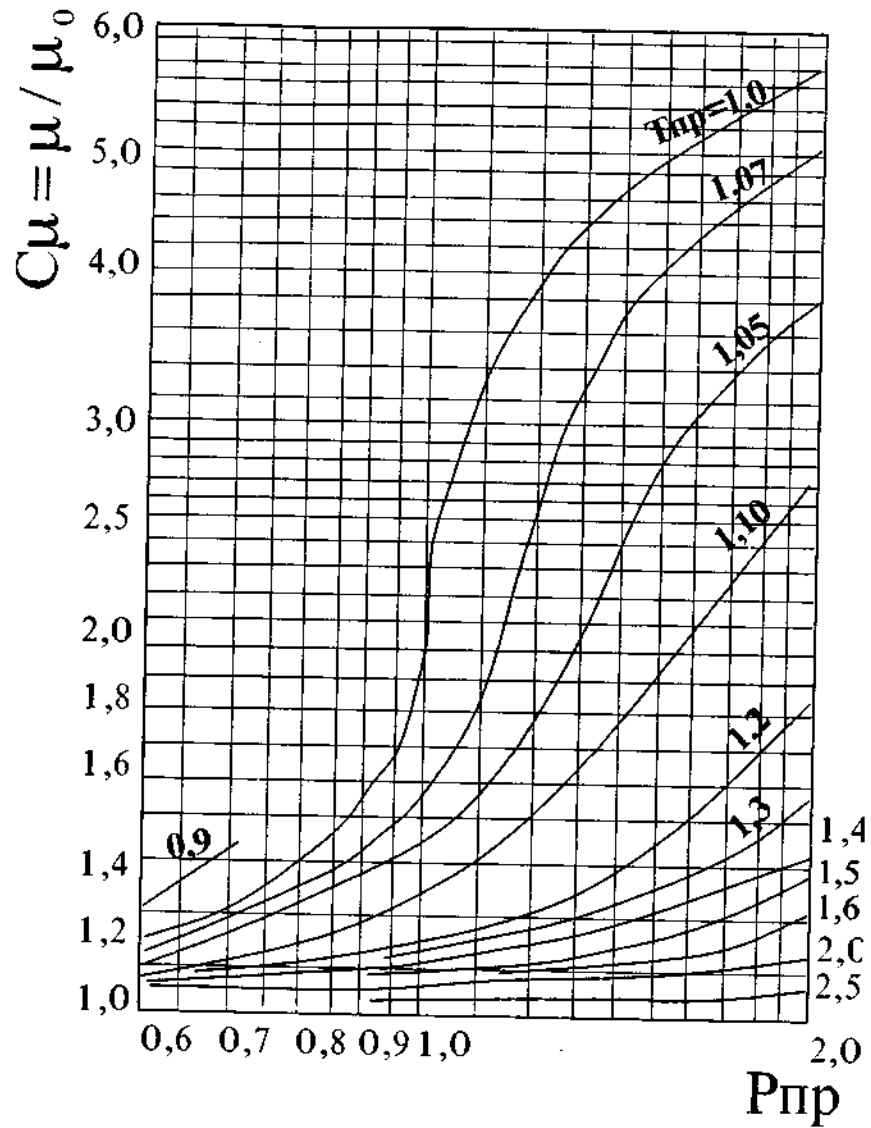


Рис. 5.14. Залежність поправочного множника C_{μ} від наведених тисків і температури.

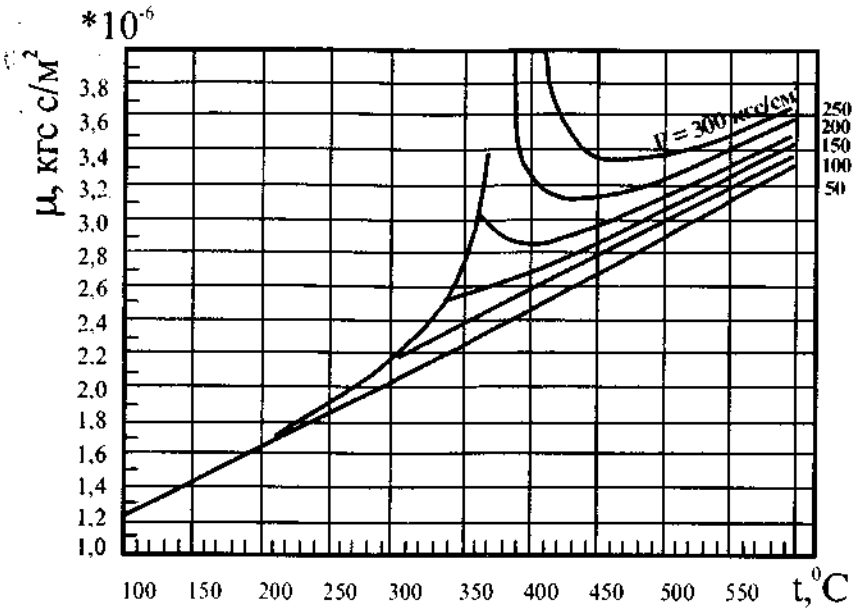


Рис. 5.15. Динамічна в'язкість водяної пари у залежності від тиску і температури.

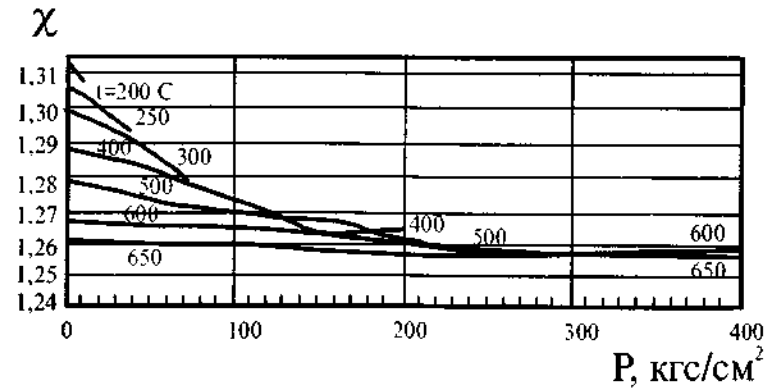


Рис. 5.16. Значення показника адіабати перегрітої водяної пари у залежності від тиску і температури

$$C_1 = \frac{Q_{\text{ПР}} \sqrt{\rho}}{0,01252D^2}; \quad (5.32)$$

$$C_2 = \frac{\bar{Q}_{\text{ПР}}}{0,01252D^2 \sqrt{\rho}}; \quad (5.33)$$

- при вимірюванні витрати сухого газу

$$C_1 = \frac{Q_{\text{НОМПР}} \sqrt{\rho_{\text{НОМ}} T_{\text{К}} C}}{0,2109D^2 P}; \quad (5.34)$$

- при вимірюванні витрати сухої частини вологого газу

$$C_2 = \frac{Q_{\text{НОМПР}} T_{\text{К}} C \sqrt{\rho_{\text{ВГ}}}}{3,553D^2 (P - \varphi P_{\text{ВП max}})}. \quad (5.35)$$

Після визначення значення C можливі три варіанти розрахунку: по заданому перепаду тиску ΔP_{H} , по заданим втратам тиску $P_{\text{ПД}}$ ($P'_{\text{ПД}}$), значення ΔP_{H} і $P_{\text{ПД}}$ не задані.

Варіант 1. Розрахунок діафрагми за заданим перепадом тиску ΔP_{H} на звукувальному пристрої здійснюється за допомогою застосування методу послідовного наближення. Задають перше наближення модуля звукувального пристрою на рівні $m=0,5$.

Визначають відносну шорсткість трубопроводу: $K10^4/D$, де K – абсолютна шорсткість трубопроводу, що визначається по таблиці 5.8.

Перевіряється граничне значення B для заданого m діафрагм з кутовим способом відбору ΔP :

$$K10^4/D \leq B \begin{cases} 25 - \text{ для } m \leq 0,09, \\ 2375m - 1817,5\sqrt{m} + 356,5 - \text{ для } 0,09 < m \leq 0,13, \\ 3,9 + 10^3 \exp(-14,2\sqrt{m}) - \text{ для } m = 0,13. \end{cases} \quad (5.36)$$

Якщо $B > K10^4/D$, то поправочні множники на притуплення вихідної кромки $K_{\text{П}}$ і шорсткість трубопроводу $K_{\text{Ш}}$ в рівняння коефіцієнту витрати α_y не вводять, тобто $K_{\text{П}}=K_{\text{Ш}}=1$.

Якщо $B < K10^4/D$, то в рівняння коефіцієнту витрати вводять поправочні коефіцієнти $K_{\text{П}}$ і $K_{\text{Ш}}$.

При цьому

$$K_{\text{Ш}} = am + b, \quad (5.37)$$

де $a = (c - 0,3)(-1,066c^2 + 0,36c - 0,13)$ при $c \leq 0,3$;
 $a = 0$ при $c > 0,3$;
 $b = 1 + (c - 0,3)(-0,08c^2 + 0,024c - 0,0046)$ при $c \leq 0,3$;
 $b = 1$ при $c > 0,3$;
 $C = D/10^3$;

Таблиця 5.8. Значення абсолютної шорсткості для різних умов експлуатації трубопроводу.

Вид труб і матеріалу	Стан поверхні труб та умови експлуатації	Абсолютна шорсткість, мм
1	2	3
Алюмінієві труби	Ті, що знаходяться в експлуатації без відкладень на внутрішній поверхні	0,03
Цільнотягнуті сталеві труби	Нові, що не були в експлуатації	0,02...0,1
	Очищені після багатьох років експлуатації	до 0,04
	Паропроводи перегрітого пару при наявності деаерації та хімічної очистки	0,1
	Паропроводи, що працюють періодично, і конденсатопроводи з відкритою системою конденсату	0,5
	Водяні теплопроводи при відсутності деаерації та хімічної очистки і конденсатопроводи, що працюють періодично	1,0
	Трубопроводи водяних систем опалювання	0,2
	Водяні та теплопроводи при наявності деаерації та хімічної очистки	0,15
	Газопроводи після одного – кількох років експлуатації	0,12...0,22
	Повітряпроводи стиснутого повітря	0,8
Водопровідні труби, що знаходяться в експлуатації	1,2...1,5	

Закінчення табл. 5.8.

1	2	3
Цільнозварені сталеві труби	Нові чи старі в гарному стані	0,04...0,1
	Труби з гальванічним покриттям	0,13
	Магістральні газопроводи після багатьох років експлуатації	0,5
	Труби, що були в експлуатації, бітум частково розчинений, кородовані	0,1
	Нові труби бітумізовані	0,05
	Труби зі слабкими відкладеннями	1,5
Чавунні труби	Нові труби	0,25...1,0
	Труби, що були в експлуатації, кородовані	1,1...1,5
	Нові бітумізовані	0,1...0,15
Оцинковані сталеві труби	Нові труби з чистим оцинкуванням	0,07...0,1
	Труби зі звичайним оцинкуванням	0,1...0,15

$$K_{\Pi} = a + b \exp[-n(m-0,05)], \quad (5.38)$$

$$\begin{aligned} \text{де } a &= 1 + 0,01 \exp[-55,2(c-0,05)^{1,3}]; \\ b &= 0,002 + 0,2558c - 1,68c^2 + 2,867c^3; \\ n &= 4,25 + 142,94(c-0,05)^{1,92}. \end{aligned}$$

Якщо вихідна кромка діафрагми гостра, то $K_{\Pi} = 1$.

У залежності від m обирають значення Re_{\min} , виходячи з умови:

$$\begin{aligned} \text{для } 0,05 \leq m \leq 0,2 & \quad Re_{\min} = 5 \cdot 10^3; \\ \text{для } 0,2 < m \leq 0,59 & \quad Re_{\min} = 10^4; \\ \text{для } 0,59 < m \leq 0,64 & \quad Re_{\min} = 2 \cdot 10^4. \end{aligned}$$

При цьому в діапазоні чисел $Re_{\min} \leq Re \leq 10^8$ коефіцієнт витрати діафрагми з кутовим способом відбору проб визначається так:

$$\alpha_y = \frac{1}{\sqrt{1-m^2}} \left[0,5959 + 0,0312 m^{1,05} - 0,184 m^4 + 0,0029 m^{1,25} \left(\frac{10^6}{Re} \right)^{0,75} \right] * \quad (5.39)$$

* $K_{\Pi} K_{\text{ш}}$

Необхідність введення поправочних коефіцієнтів K_{Π} і $K_{\text{ш}}$ для діафрагм з фланцевим способом відбору ΔP та заданого m перевіряється за умовою:

$$K \cdot 10^4 / D \leq B \begin{cases} 25 & \text{для } m \leq 0,09 \\ 2375m - 1817,5\sqrt{m} + 356,5 & \text{для } 0,09 < m \leq 0,13 \\ 10 & \text{для } m > 0,13 \end{cases} \quad (5.40)$$

Мінімальне значення числа Рейнольдса

$$Re_{\min} = 1260mD \quad (5.41)$$

У діапазоні чисел $Re_{\min} \leq Re \leq 10^8$ коефіцієнт витрати діафрагм з фланцевим типом відбору ΔP визначається так:

$$\alpha_{\Phi} = \frac{1}{\sqrt{1-m^2}} \left[0,5959 + 0,0312 m^{1,05} - 0,184 m^4 + 0,0029 m^{1,25} * \left(\frac{10^6}{Re} \right) + 0,09 l_1 m^2 \left| 1 - m^2 \right|^{-1} - 0,03371 l_2 m^{1,5} \right] K_{\Pi} K_{\text{ш}}, \quad (5.42)$$

$$\text{де } l_1 = \begin{cases} 0,4333 & \text{при } D \leq 58,62 \text{ мм;} \\ 25,4/D & \text{при } D > 58,62 \text{ мм;} \end{cases} \quad (5.43)$$

$$l_2 = 25,4/D \quad (5.44)$$

Для діафрагм з кутовим та фланцевим відбором ΔP коефіцієнт розширення газу:

$$\epsilon_D = 1 - (0,41 + 0,35m^2) \frac{\Delta P_H}{P\chi}, \quad (5.45)$$

де ΔP_H і P – в кгс/см².

Далі визначається допоміжна величина:

$$F = m\alpha \epsilon_D \sqrt{\Delta P_H}. \quad (5.46)$$

Відносне відхилення δ_C допоміжних величин C і F

$$\delta_C = \left(\frac{F}{C} - 1 \right) 100. \quad (5.47)$$

Якщо $\delta_C > 0,2$, то приймають мінімальне значення для $m=0,05$, та повторюють цикл розрахунку по (5.36 – 5.47).

Для прискорення розрахунків має сенс застосовувати метод хорд, згідно якому наступне наближення, починаючи з третього, для m знаходять так:

$$m_{n+1} = m_{n-1} - \frac{(m_n - m_{n-1})(F_{n-1} - C)}{(F_n - F_{n-1})} \quad (5.48)$$

Розрахунок продовжують до виконання умови: $\delta_C < 0,2$.

Визначають число Рейнольдса при Q_{\min} по (5.28 – 5.30) в залежності від виду середовища, що вимірюється, та перевіряють умову $Re > Re_{\min}$. Якщо ця умова виконується, то розрахунок продовжують. В іншому випадку треба ще раз переглянути вихідні дані D і m .

По знайденому значенню m визначають діаметр отвору діафрагми:

$$d_{20} = \frac{D}{K_t} \sqrt{m}, \quad (5.49)$$

де K_t – поправний множник на теплове розширення матеріалу звукувального пристрою, що встановлюється аналогічно K_t .

Втрата тиску P_{Π} для діафрагми з кутовим та фланцевим відборами перепаду тиску:

$$P_{\Pi} = \frac{1 - \alpha m}{1 + \alpha m} \Delta P_H \cdot 10^{-4}. \quad (5.50)$$

Правильність (похибку) розрахунку перевіряють визначенням значення витрати Q при знайдених значеннях m , d_{20} , α_y , ΔP_H , ϵ . При цьому витрата, яка вимірюється сильфонними та мембранними дифманометрами, визначають так:

- для сухих газів

$$Q_{\text{НОМ}} = 0,2109 \alpha_y \epsilon_D K_t^2 d_{20}^2 \sqrt{\frac{\Delta P_H P}{\rho_{\text{НОМ}} T K_C}}; \quad (5.51)$$

- для сухої частини вологих газів

$$Q_{\text{НОМ}} = 3,553 \alpha_y \epsilon_D K_t^2 d_{20}^2 \frac{P - \phi P_{\text{ВП max}}}{T K_C} \sqrt{\frac{\Delta P_H}{\rho_{\text{вг}}}}; \quad (5.52)$$

- для рідини та пари

$$Q = 0,01252 \alpha_y K_t^2 d_{20}^2 \sqrt{\frac{\Delta P_H}{\rho}}. \quad (5.53)$$

Витрата, що вимірюється поплавковими дифманометрами:

- для сухих газів

$$Q_{\text{НОМ}} = 0,2109 \alpha_y \epsilon_D K_t^2 d_{20}^2 \sqrt{\frac{\Delta P_H P (\rho_y - \rho)}{\rho_{\text{НОМ}} \rho_y T K_C}}; \quad (5.54)$$

- для сухої частини вологих газів

$$Q_{\text{НОМ}} = 3,553 \alpha_y \epsilon_D K_t^2 d_{20}^2 \frac{P - \phi P_{\text{ВП max}}}{T K_C} \sqrt{\frac{\Delta P_H (\rho_y - \rho)}{\rho_{\text{вг}} \rho_y}}; \quad (5.55)$$

- для рідини та пари

$$Q = 0,01252 \alpha_y \epsilon_D K_t^2 d_{20}^2 \sqrt{\frac{\Delta P_H (\rho_y - \rho)}{\rho \rho_y}}. \quad (5.56)$$

Відносне відхилення максимальної витрати при вимірюванні:

$$\delta_{\text{розр}} = \left(\frac{Q_{\text{ПР}}}{Q_{\text{ПР}}} - 1 \right) 100. \quad (5.57)$$

Якщо $\delta_{\text{розр}} < 0,2$, то розрахунок завершено. В іншому випадку необхідно змінити m або D , щоб виконувалось нерівність для $\delta_{\text{розр}}$. По розд. 4. ч. I остаточно обирають звукувальний пристрій.

Варіант 2. Розрахунок діафрагми по заданій припустимій втраті тиску $P_{\text{ПД}}$ на звукувальному пристрої при витраті $Q_{\text{НОМ}}$ пр виконується за допомогою номограми, що наведена на рис. 5.17.

За визначеним по (5.32 – 5.35) значенням C , яке округлене до трьох значущих цифр, та заданої величини $P_{\text{ПД}}$ по номограмі знаходять значення ΔP_H і наближене значення m . Якщо задана припустима втрата тиску $P_{\text{ПД}}$ при Q_{max} , то

$$P_{\text{ПД}} = P'_{\text{ПД}} \left(\frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{max}}} \right)^2. \quad (5.58)$$

Якщо знайдена точка розташована між двома кривими ΔP_H , то приймають найближче менше значення ΔP_H , а по ньому при тому ж значенні C знаходять m .

Значення ΔP_H (безперервні лінії номограми) використовують при розрахунку звужувального пристрою в комплекті з мембранними та сифонними дифманометрами. При використанні поплавкових дифманометрів обирають такі значення ΔP_H (пунктирні лінії), при котрих густина потоку речовини ρ' , що вимірюється, при робочому тиску P і $t=20^\circ\text{C}$ дорівнює 1000кг/м^3 , значення ΔP_H (штрих-пунктирна лінія) при $\rho'=2000\text{кг/м}^3$ та значення ΔP_H (безперервні лінії), при яких ρ' зневажаючи мале. Для проміжних значень ρ' виконують лінійну інтерполяцію.

Визначають число Рейнольдса для діаметру D при Q_{np} і Q_{min} по (5.28 – 5.30), а потім – допоміжну величину $(m\alpha)$ з чотирма значущими цифрами:

$$(m\alpha) = C/\varepsilon_D \sqrt{P_H}, \quad (5.59)$$

де $\varepsilon_D=1$ для рідин, а для газів і пари розраховують за (5.45).

По формулах (5.36 – 5.44) визначають Re_{min} і α , перевіряють умову $Re > Re_{min}$ та при його виконанні продовжують розрахунок по (5.49 – 5.57) аналогічно варіанту 1.

Варіант 3. Перепад тиску ΔP_H і втрата тиску $P_{пд}$ не задані, тобто коли втрата тиску в звужувальному пристрої не має суттєвого значення.

У такому випадку по визначеному з (5.32 – 5.35) значенню C , що округлене до трьох значущих цифр, та $m=0,2$ по номограмі (рис. 5.16) знаходять ΔP_H . Якщо при цьому точка на лінії $m=0,2$ відповідна визначеному C , розташовується між двома кривими ΔP_H , то приймається найближче значення ΔP_H і визначається відповідне йому значення m при тій самій ж величині C , а також фактична втрата тиску $P_{пд}$ на звужувальному пристрої. Після цього розрахунок продовжують аналогічно варіанту 2.

Визначення похибки вимірювання витрати може бути виконано шляхом розрахунку метрологічних показників для усього вимірювального комплексу, а також встановлено приблизно за відсутності розрахунків, виходячи з практичного досвіду. В останньому випадку приймається похибка вимірювання на рівні $\pm 3\%$ від вимірюваної величини, якщо номінальне значення знаходиться у межах від 70 до 100 % шкали вторинного приладу, і на рівні $\pm 5\%$, якщо номінальне значення знаходиться у межах від 40 до 70 % шкали вторинного приладу.

Розрахунок похибки вимірювання витрати насамперед передбачає визначення середньо-квадратичних відносних похибок виміру витрати для потоків газу, рідини і пари:

– для сухих газів при розрахунку $Q'_{ном}$ по (5.51)

$$\sigma_Q = \left[\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_{K_{Re}}^2 + \sigma_{\sqrt{P}}^2 + 0,25 \left(\sigma_{\rho_{ном}}^2 + \sigma_P^2 + \sigma_T^2 + \sigma_K^2 \right) \right]^{0,5}; \quad (5.60)$$

– для сухої частини вологих газів при розрахунку $Q'_{ном}$ по (5.52)

$$\sigma_Q = \left[\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_{K_{Re}}^2 + \sigma_{K_\phi}^2 + \sigma_{\sqrt{P}}^2 + 0,25 \left(\sigma_{\rho_{ном}}^2 + \sigma_P^2 + \sigma_T^2 + \sigma_K^2 \right) \right]^{0,5} \quad (5.61)$$

– для пари при розрахунку Q' по (5.53)

$$\sigma_Q = \left[\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_{K_{Re}}^2 + \sigma_{\sqrt{P}}^2 + 0,25 \left(\sigma_\rho^2 + \sigma_P^2 \right) \right]^{0,5}; \quad (5.62)$$

– для рідини при розрахунку Q' по (5.53)

$$\sigma_Q = \left[\sigma_\alpha^2 + \sigma_{K_{Re}}^2 + \sigma_{\sqrt{P}}^2 + 0,25 \sigma_\rho^2 \right]^{0,5}, \quad (5.63)$$

де $\sigma_\alpha, \sigma_\varepsilon, \sigma_{K_{Re}}, \sigma_\rho, \sigma_{K_\phi}, \sigma_K, \sigma_T, \sigma_P, \sigma_{\sqrt{P}}$ – середні похибки відпо-

відно $\alpha, \varepsilon, Re, \rho, \phi, K, T, P, \sqrt{P}$.

Якщо похибка дифманометра задана по перепаду тиску, то в наведених рівняннях $\sigma_{\sqrt{P}}^2$ необхідно замінити на $0,25 \sigma_{\Delta P}^2$.

Середні квадратичні відносні похибки вимірювання коефіцієнтів витрати звужувальних пристроїв:

– для діафрагм з кутовим засобом відбору ΔP при визначенні α_y по (11.39) і $K_\Pi = K_\Psi = 1$

$$\sigma_{\alpha_y} = \left[0,3^2 + \sigma_{\alpha_d}^2 + \sigma_{\alpha_D}^2 \right]^{0,5} \quad \text{при} \quad 0,05 \leq m \leq 0,36; \quad (5.64)$$

$$\sigma_{\alpha_y} = \left[(0,5m)^2 + \sigma_{\alpha_d}^2 + \sigma_{\alpha_D}^2 \right]^{0,5} \quad \text{при} \quad 0,36 \leq m \leq 0,64; \quad (5.65)$$

– для діафрагм з кутовим засобом відбору ΔP при таких самих умовах з урахуванням коефіцієнтів K_Π, K_Ψ

$$\sigma_{\alpha_y} = \left[\sigma_{\alpha_y}^2 + \sigma_{K_\Psi}^2 + \sigma_{K_\Pi}^2 \right]^{0,5}, \quad (5.66)$$

де

$$\sigma_{K_{ш}} = 1,67m + (0,081 - t)(66,3t^2 - 33,7t + 6,9);$$

$$\sigma_{K_{п}} = -0,833m + 16,7t^2 - 7,5t + 1,17;$$

$$t = D/10^3.$$

В (5.64 – 5.65) похибки вимірювання при наявності припустимих відхилень діаметрів d і D визначають так:

$$\sigma_{\alpha_d} = 2\sigma_d \left(1 + \frac{m^2}{\alpha} \right); \quad (5.67)$$

$$\sigma_{\alpha_D} = 2\sigma_D \frac{m^2}{\alpha}; \quad (5.68)$$

При цьому для діафрагм $\sigma_d = 0,035\%$, а $\sigma_D = 0,15\%$. У випадку отримання негативних величин $\sigma_{K_{ш}}$, $\sigma_{K_{п}}$ або $D > 300$ мм треба приймати $\sigma_{K_{ш}} = 0$ або $\sigma_{K_{п}} = 0$.

Для діафрагм з фланцевим способом відбору ΔP :

$$\sigma_{\alpha_\phi} = \left[0,3^2 + \sigma_{\alpha_d}^2 + \sigma_{\alpha_D}^2 \right]^{0,5} \quad \text{при} \quad 0,04 \leq m \leq 0,36; \quad (5.69)$$

$$\sigma_{\alpha_\phi} = \left[(0,5m)^2 + \sigma_{\alpha_d}^2 + \sigma_{\alpha_D}^2 \right]^{0,5} \quad \text{при} \quad 0,36 \leq m \leq 0,56; \quad (5.70)$$

Середня квадратична відносна похибка дифманометрів:

– для показуючих дифманометрів з класом точності по витраті

$$\sigma_{\sqrt{\Delta P}} = 0,5 \frac{Q_{np}}{Q} S_{\sqrt{\Delta P}}, \quad (5.71)$$

де Q – значення витрати в робочій точці шкали дифманометра:

$$S_{\sqrt{\Delta P}} - \text{клас точності дифманометра, \%};$$

– для тих самих дифманометрів з класом точності по перепаду тис-

ку

$$\sigma_{\Delta P} = 0,5 \frac{\Delta P_{np}}{\Delta P} S_{\Delta P}, \quad (5.72)$$

де $S_{\Delta P}$ – клас точності дифманометра, %;

– для реєструючих дифманометрів

$$\sigma_{\sqrt{\Delta P}}^2 = 0,25 \left(\frac{Q_{np}}{Q} S_{\sqrt{\Delta P}} \right)^2 + 0,25\delta_{пк}^2 + 0,0012_{\Delta} \tau_{\sqrt{\Delta P}}^2; \quad (5.73)$$

$$\sigma_{\sqrt{\Delta P}}^2 = 0,25 \left(\frac{Q_{np}}{Q} S_{\sqrt{\Delta P}} \right)^2 + 0,25\delta_{пп}^2 + 0,0012_{\Delta} \tau_{\sqrt{\Delta P}}^2; \quad (5.74)$$

$$\sigma_{\Delta P}^2 = 0,25 \left(\frac{\Delta P_{np}}{\Delta P} S_{\Delta P} \right)^2 + 0,25\delta_{пк}^2 + 0,0012_{\Delta} \tau_{\Delta P}^2; \quad (5.75)$$

де $\delta_{пк}$ і $\delta_{пп}$ – наведені похибки кореневого та пропорційного планіметрів, %; $\Delta \tau_{\Delta P}$ і $\Delta \tau_{\sqrt{\Delta P}}$ – абсолютні похибки ходу діаграми дифманометрів з класом точності по витраті та перепаду тиску, хвил.

Наведена похибка результату планіметрирування діаграм згідно з ДГСТ складає: при обробці діаграм пропорційним планіметром $\delta_{пп} = 0,2\%$; при обробці діаграм кореневим планіметром $\delta_{пк} = 0,3\%$ для діапазону шкали 0...33% і $\delta_{пк} = 0,2\%$ для діапазону шкали 33...100%. Абсолютна похибка ходу діаграми для дифманометрів з електричним приводом $\Delta \tau_{\sqrt{\Delta P}} = 5$ хвил., а з годинниковим приводом $\Delta \tau_{\sqrt{\Delta P}} = 3$ хвил.

Середні квадратичні відносні похибки вимірювання абсолютного тиску та температури:

– для показуючих манометрів і термометрів

$$\sigma_P = \left[\sigma_{P_B}^2 + \left(\sigma_{P_{И}} \frac{P_{И}}{P} \right)^{0,5} \right]; \quad (5.76)$$

$$\sigma_T = 0,5 \frac{N_t}{273,15 + t} S_t, \quad (5.77)$$

де $\sigma_{P_B} = 50_{\Delta} P_B / P$ – похибка вимірювання барометричного тиску з абсолютною похибкою ΔP_B , %; $\sigma_{P_{И}} = 0,5 P_{пР} S_{P_{И}} / P_{И}$ – похибка вимірювання надмірного тиску з верхню межею вимірювання $P_{пР}$ і класом точності $S_{P_{И}}$; N_t – діапазон шкали вимірювань термометру, К; S_t – клас точності термометру, %.

– для реєструючих манометрів і термометрів:

$$\sigma_P^2 = 0,25 \left(\frac{100 \Delta P_B}{P} \right)^2 + 0,25 \left(\frac{P_{ПП}}{P_{И}} \right)^2 + 0,25 \delta_{ПП}^2 + 0,0012 \Delta \tau_{РИ}^2; \quad (5.78)$$

$$\sigma_T^2 = 0,25 \left(\frac{N_i S_i}{273,15 + t} \right)^2 + 0,25 \delta_{ПП}^2 + 0,0012 \Delta \tau_i^2, \quad (5.79)$$

де $\Delta \tau_{РИ}$ і $\Delta \tau_i$ – абсолютні похибки ходи діаграми відповідно манометра та термометра, які приймаються аналогічно дифманометрам.

Середня квадратична відносна похибка визначення в'язкості середовища:

$$\sigma_\mu = 50 \Delta \mu / \mu, \quad (5.80)$$

де $\Delta \mu$ – абсолютна похибка обчислення в'язкості по рис. 5.13-5.15 приймається на рівні половині ділення останнього розряду, кгс/см².

Для суміші газів $\sigma_\mu = 5$.

Середня квадратична відносна похибка коефіцієнту корекції витрати на число Рейнольдса:

$$\sigma_{K_{Re}} = (1 - K_{Re}) \sigma_\mu. \quad (5.81)$$

При цьому коефіцієнт корекції на число Рейнольдса буде:

$$K_{Re} = \frac{C + B \left(\frac{10^6}{Re_{max}} \right)^{0,75}}{C + B}, \quad (5.82)$$

$$\text{де } C = (0,5959 + 0,0312 \cdot m^{1,05} - 0,184 \cdot m^4) \times \frac{1}{\sqrt{1 - m^2}};$$

$$B = \frac{0,0029 \cdot m^{1,25}}{\sqrt{1 - m^2}}.$$

Середня квадратична відносна похибка обчислення густини суміші газів:

$$\sigma_{\rho_{ном}} = \frac{1}{\rho_{ном}} \left\{ \sum_{i=1}^n \left[(N_i \rho_{ном i})^2 \left(\sigma_{\rho_{ном i}}^2 + \sigma_{N_i}^2 \right) \right] \right\}^{0,5}, \quad (5.83)$$

де $\sigma_{\rho_{ном i}} = 50 \Delta \rho_{ном i} / \rho_{ном i}$ – похибка визначення густини і-того компоненту при абсолютній похибці знаходження $\rho_{ном i}$, %; $\sigma_{N_i} = 0,1$ – похибка визначення концентрації (N_i) і-того компоненту, %.

Середня квадратична відносна похибка коефіцієнту стисливості природних газів у діапазоні температур $-25 \dots 80$ °C і тисків $0 \dots 80$ кгс/см²:

$$\sigma_K = \left[(1 - K_{CM})^2 \left(\sigma_P^2 + 16 \sigma_T^2 + 4 \sigma_{\rho_{ном}}^2 + 0,04 \sigma_{N_{N_2}}^2 + 0,003 \sigma_{N_{CO_2}}^2 \right) + \sigma_{K_{табл}}^2 \right]^{0,5} \quad (5.84)$$

де $\sigma_{K_{табл}} = 0,25$ – похибка визначення K_{CM} по табл. 5.5.

При визначенні K_C по графікам (див. рис. 5.3-5.12) похибки складають: для метану $\sigma_K = 0,25$; етану $\sigma_K = 0,5 \dots 2,0$; пропану $\sigma_K = 0,5 \dots 1,0$ і $\sigma_K = 8$ (при $t \geq 30$ °C і $K_C \geq 0,64$); н-бутану $\sigma_K = 1 \dots 1,5$; ізобутану $\sigma_K = 1 \dots 1,5$; двооксиду вуглецю $\sigma_K = 3$ (при $K_C < 0,63$), $\sigma_K = 100$ (при $K_C = 0,955 \dots 1,005$, $t < 150$ °C, $P < 5$ кгс/см²) і $\sigma_K = 0,5$ в інших випадках; для азоту $\sigma_K = 0,5$.

Середня квадратична відносна похибка визначення показника адіабати газів:

$$\sigma_\chi = \frac{1}{\chi} \left[\sum_{i=1}^n (N_i \chi_i)^2 \left(\sigma_{\chi_i}^2 + \sigma_{N_i}^2 \right) \right]^{0,5}. \quad (5.85)$$

Для природних газів $\sigma_\chi = 8$.

Середню квадратичну похибку коефіцієнту розширення діафрагм з кутовим і фланцевим способами відбору ΔP обчислюють так:

$$\sigma_{\epsilon_D} = \frac{1 - \epsilon_D}{\epsilon_D} \left[\sigma_\chi^2 + 4 \sigma_{\sqrt{\Delta P}}^2 + \sigma_P^2 \right]^{0,5} + \sigma_0, \quad (5.86)$$

де $\sigma_0 = 2 \Delta P / P$ для $m \leq 0,56$; $\sigma_0 = 4 \Delta P / P$ для $0,56 < m \leq 0,64$ (тільки для діафрагм з кутовим способом відбору ΔP).

Середня квадратична відносна похибка коефіцієнту корекції витрати на вологість газу:

$$\sigma_{K_\phi} = \left[\left(\frac{1 - K_\phi}{K_\phi} \right)^2 \left(3 \sigma_{P_{ВПmax}}^2 + \sigma_P^2 \right) \right]^{0,5}, \quad (5.87)$$

де $K_{\phi} = 1 - (\phi P_{\text{ВПmax}}) / P$ – коефіцієнт корекції витрати на вологість газу;

$\sigma_{P_{\text{ВПmax}}} = 50 \Delta P_{\text{ВПmax}} / P$ – похибка визначення тиску водяної пари по табл. 5.3 при її абсолютній похибці $\Delta P_{\text{ВПmax}} = 0,0005 \text{ кгс/см}^2$.

Межева похибка вимірювання витрати згідно стандарту:

$$\delta_Q = 2\sigma_Q \quad (5.88)$$

У вищенаведеному алгоритмі розрахунку для фізичних величин прийняті наступні позначення та одиниці виміру:

температура вимірюваного середовища перед звужувальним пристроєм, °С або К.....	t або T
абсолютний тиск середовища перед звужувальним пристроєм в умовах вимірювання, кгс/см ²	P
барометричний тиск, кгс/см ²	P_B
надмірний тиск, кгс/см ²	$P_{\text{И}}$
густина середовища в робочих умовах, кг/м ³	ρ
густина сухого газу (або сухої частини вологого газу) в нормальному стані, кг/м ³	$\rho_{\text{НОМ}}$
коефіцієнт стисливості газу.....	K_C
тиск водяної пари у вологому газі при температурі t , кгс/см ²	$P_{\text{ВП}}$
найбільший можливий тиск водяної пари у вологому газі при температурі t , кгс/см ²	$P_{\text{ВПmax}}$
тиск насиченої водяної пари при температурі t , кгс/см ²	$P_{\text{НП}}$
густина вологого газу в робочих умовах, кг/м ³	$\rho_{\text{ВГ}}$
густина насиченої водяної пари при температурі t , кг/м ³	$\rho_{\text{НП}}$
максимально можлива густина водяної пари у вологому газі при тиску P і температурі t , кг/м ³	$\rho_{\text{ВПmax}}$
густина речовини над врівноважувальною рідиною при тиску P і температурі $t=20$ °С, кг/м ³	ρ'
припустима втрата тиску при витраті, що дорівнює $Q_{\text{пр}}$, кгс/см ²	$P_{\text{ПД}}$
припустима втрата тиску при витраті, що дорівнює Q_{max} , кгс/см ²	$P'_{\text{ПД}}$
втрата тиску на звужувальному пристрої, кгс/см ²	$P_{\text{П}}$
межевий найменший перепад тиску дифманометра, кгс/см ²	$\Delta P_{\text{Н}}$
динамічна в'язкість середовища, що вимірюється, в	

робочих умовах, кгс·с/м ²	μ
об'ємна витрата, м ³ /год.....	\bar{Q}
масова витрата, кг/год.....	\bar{Q}
об'ємна витрата, що приведена до нормального стану, м ³ /год.....	$Q_{\text{НОМ}}$
верхня межа вимірювань дифманометру, м ³ /год.....	$Q_{\text{ПР}}$
максимальна витрата, що вимірюється, м ³ /год.....	Q_{max}
мінімальна витрата, що вимірюється, м ³ /год.....	Q_{min}
розрахункове значення витрат при вимірюванні перепаду тиску тим чи іншим типом дифманометру, м ³ /год.....	Q'
густина врівноважувальної рідини при тиску P і температурі 20 °С, кг/м ³	ρ'_y
густина врівноважувальної рідини при атмосферному тиску і температурі 20 °С, кг/м ³	ρ_y

Приклади розрахунків стандартних діафрагм для вимірювання витрати різних потоків (рідина, газ і пара), що наведені нижче, здійснені у відповідності зі стандартним алгоритмом і передбачають різні варіанти завдання вихідних даних.

Розрахунок діафрагми для вимірювання витрати води виконаний у відповідності з варіантом 3 за таких вихідних даних:

- звужувальний пристрій – діафрагма зі сталі марки 2Х17 з кутовим способом відбору перепаду тисків;
- максимальна витрата, що вимірюється $\bar{Q}_{\text{max}} = 3200 \text{ т/ГОД}$;
- мінімальна витрата, що вимірюється $\bar{Q}_{\text{min}} = 2500 \text{ т/ГОД}$;
- температура води перед звужувальним пристроєм $t=70$ °С;
- надмірний тиск води біля звужувального пристрою $P_{\text{И}}=3 \text{ кгс/см}^2$;
- барометричний тиск навколишнього середовища $P_B=1 \text{ кгс/см}^2$;
- внутрішній діаметр сталюго (сталь 20) трубопроводу при температурі 20 °С $D_{20}=705,89 \text{ мм}$;
- абсолютна шорсткість трубопроводу $K=0,2 \text{ мм}$;
- густина води $\rho=978 \text{ кг/м}^3$;
- динамічна в'язкість $\mu=41,4 \cdot 10^{-6} \text{ кгс} \cdot \text{с/м}^2$;
- поправочний множник на теплове розширення трубопроводу $K_t'=1,0006$;

- поправочний множник на теплове розширення звукувального пристрою $K_t=1,0008$.

В якості вторинного вимірювального пристрою обирають сифонний самопищучий дифманометр типу ДСС-711 класу точності по витраті 1,0 з електричним приводом діаграмного диску.

Абсолютну температуру води перед звукувальним пристроєм розраховують за (5.1):

$$T=273,15+70=343,15 \text{ К.}$$

Абсолютний тиск води перед звукувальним пристроєм – за (5.2):

$$P=3+1=4 \text{ кгс/см}^2.$$

Внутрішній діаметр трубопроводу перед діафрагмою при температурі t – за (5.28):

$$D=705,89 \cdot 1,0006=706,3135 \text{ мм.}$$

Число Рейнольдса відповідно при Q_{np} – за (5.29):

$$Re_{max} = 0,0361 \frac{3200000 \cdot 978}{706,3135 \cdot 41,4 \cdot 10^{-6}} = 3950565;$$

Число Рейнольдса відповідно при Q_{min} – за (5.29):

$$Re = 0,0361 \frac{2500000}{706,3135 \cdot 41,4 \cdot 10^{-6}} = 3086379.$$

Допоміжну величину C_2 – за (11.33):

$$C_2 = \frac{3200000}{0,01252 \cdot 706,3135^2 \sqrt{978}} = 16,38254.$$

По визначеному значенню C_2 з рис.5.17 знаходять приблизні значення $m=0,3944$, $\Delta P_H=4000 \text{ кгс/м}^2$ і $P_H=0,23 \text{ кгс/см}^2$.

Допоміжну величину $(m\alpha)$ визначають за (5.59):

$$(m\alpha) = 16,38254 / \sqrt{4000} = 0,2590307.$$

Відносна шорсткість:

$$\frac{K}{D} 10^4 = \frac{0,2 \cdot 10^4}{706,3135} = 2,8316.$$

Верхню границю відносної шорсткості обчислюють при $m>0,13$ по (5.36):

$$B = 3,9 + 10^3 \exp(-14,2 \sqrt{0,3944}) = 4,03398.$$

$B > K \cdot 10^4 / D = 2,8316$, то коефіцієнти $K_H=K_{ш}=1$.

Значення m знаходиться у діапазоні $0,2 \dots 0,59$, тому $Re_{min}=10^4$.

В діапазоні чисел Рейнольдса $10^4 \leq Re < 10^8$ коефіцієнти витрати визначають по (5.39):

$$\alpha_y = \frac{1}{\sqrt{1-0,3944}} \left[0,5959 + 0,0312 \cdot 0,3944^{1,05} - 0,184 \cdot 0,3944^4 + \right. \\ \left. + 0,0029 \cdot 0,3944^{1,25} \left(\frac{10^6}{3950565} \right)^{0,75} \right] = 0,65675.$$

Порівняймо Re_{max} з Re_{min} . $Re_{max} > Re_{min}$, то продовжимо розрахунок, визначивши при цьому діаметр отвору діафрагми по (5.49):

$$d_{20} = \frac{706,3135}{1,0008} \sqrt{0,3944} = 443,22 \text{ мм.}$$

При знайдених значеннях m , α_y , d_{20} і ΔP_H перевіримо правильність розрахунку обчисленням витрати по (5.53):

$$\bar{Q}' = 0,01252 \cdot 0,65675 \cdot 433,22^2 \cdot 1,0008^2 \sqrt{4000 \cdot 978} \\ = 3199928,4 \text{ кг/год.}$$

Відносне відхилення витрати при його вимірюванні визначається по (11.57):

$$\delta_{розр} = \left(\frac{3199928,4}{3200000} - 1 \right) 100 = 0,002 \text{ \%}.$$

$\Delta < 0,2$, то розрахунок завершено.

Далі обчислюємо похибку вимірювання витрати.

Похибки із-за відхилень діаметрів d і D складають $\sigma_d=0,035\%$, $\sigma_D=0,15\%$.

Середню квадратичну похибку із-за припустимих відхилень діаметру діафрагми знаходять по (5.67):

$$\sigma_{\alpha_d} = 2 \cdot 0,035 \left(1 + \frac{0,3944^2}{0,65675} \right) = 0,09\%.$$

Середню квадратичну похибку із-за припустимих відхилень діаметру трубопроводу визначають по (5.68):

$$\sigma_{\alpha_D} = 2 \cdot 0,15 \frac{0,3944^2}{0,65675} = 0,07 \text{ \%}.$$

Середню квадратичну відносну похибку коефіцієнту витрати розраховують для $0,36 < m \leq 0,64$ по (5.65):

$$\sigma_{\alpha y} = \left[(0,5 \cdot 3944)^2 + 0,09^2 + 0,07^2 \right]^{0,5} = 0,33\%$$

Середню квадратичну відносну похибку ресструючого дифманометра, який оброблений корневим планиметром, і класом точності по витраті

$S \sqrt{\Delta P} = 1$, визначають по (5.73):

$$\sigma_{\sqrt{P}}^2 = 0,25 \left(\frac{3200000}{3199928,4} \cdot 1 \right)^2 + 0,25 \cdot 0,3^2 + 0,0012 \cdot 5^2$$

$$= 0,27\%$$

де $\delta_{ПК} = 0,3$; $\Delta^T \sqrt{\Delta P} = 5$ - відповідно наведена похибка кореневого планиметра і абсолютна похибка ходи діаграми дифманометру.

Середню квадратичну відносну похибку визначення коефіцієнту динамічної в'язкості знаходять за (5.80):

$$\sigma_{\mu} = \frac{0,5 \cdot 10^{-6}}{41,4 \cdot 10^{-6}} \cdot 50 = 0,6\%$$

Коефіцієнти корекції витрати на число Рейнольдса згідно (5.82):

$$K_{Re} = \frac{0,6564 + 0,001 \left(\frac{10^6}{3950565} \right)^{0,75}}{0,6564 + 0,001} = 1\%$$

де

$$C = (0,5959 + 0,0312 \cdot 0,3944^{1,05} - 0,184 \cdot 0,3944^4) \cdot$$

$$\cdot \frac{1}{\sqrt{1 - 0,3944^2}} = 0,6564;$$

$$B = \frac{0,0029 \cdot 0,3944^{1,25}}{\sqrt{1 - 0,3944^2}} = 0,001\%$$

Середню квадратичну відносну похибку коефіцієнту корекції на число Re обчислюють за (5.81):

$$\sigma_{Kre} = (1 - 1)0,6 = 0\%$$

Середню квадратичну відносну похибку визначення густини знаходять за (5.83):

$$\sigma_{\rho} = \frac{0,05}{978} \cdot 50 = 0,0025\%$$

де $\Delta \rho = 0,5$ - абсолютна похибка визначення ρ по таблицям, кг/м³.

Середню квадратичну відносну похибку вимірювання витрати розраховують за (5.63):

$$\sigma_Q = \left(0,33^2 + 0 + 0,27^2 + 0,25 \cdot 0,0025^2 \right)^{0,5} = 0,62\%$$

Межу похибку вимірювання витрати знаходять за (5.88):

$$\delta_Q = 2 \cdot 0,62 = 1,24\%$$

По розд. 4.3. ч.І обирають діафрагму ДБ 0,6 - 705-г (ГОСТ 14322-77).

Розрахунок діафрагми для вимірювання витрати природного газу виконаний у відповідності з варіантом 1 за таких вихідних даних:

- звужувальний пристрій - діафрагма зі сталі марки 2Х18Н10Т з кутовим способом відбору перепаду тисків;
- температура газу перед звужувальним пристроєм, $t = 20$ °С;
- надмірний тиск газу перед звужувальним пристроєм, $P_H = 9$ кгс/см²;
- діаметр сталевого трубопроводу перед звужувальним пристроєм при температурі 20 °С, $D_{20} = 513,8$ мм;
- барометричний тиск навколишнього середовища, $P_B = 1,027$ кгс/см²;
- перепад тиску середовища при течії крізь звужувальний пристрій, $\Delta P_H = 1600$ кгс/см²;
- найменша об'ємна витрата газу, що вимірюється, і наведена до нормальних умов, $Q_{НОМ\min} = 50000$ нм³/год.;
- максимальна об'ємна витрата газу, що вимірюється, і наведена до нормальних умов, $Q_{НОМ\max} = 90000$ нм³/год.;
- компонентний склад природного газу N_i , об'ємних долей:
 $N_1 = 0,9336$ - метан;
 $N_2 = 0,0165$ - етан;
 $N_3 = 0,0113$ - пропан;
 $N_4 = 0,004$ - н-бутан;

$N_5=0,0023$ – н-пентан;
 $N_6=0,0019$ – і-бутан;
 $N_7=0,0015$ – і-пентан;
 $N_8=0,0273$ – азот;
 $N_9=0,0014$ – вуглекислий газ;
 $N_{10}=0,0002$ – кисень;

- відносна вологість газу $\varphi=0$;
- абсолютна шорсткість трубопроводу $K=0,1$ мм;
- поправочний множник на теплове розширення матеріалу діафрагми і трубопроводу $K_t=K_t'=1$.

Розрахунок проводиться в такій послідовності.

По розд. 2.2. ч.І обирають вторинний вимірювальний прилад типу ДСС-711-2С класу точності по витраті 1,0 з електричним приводом діаграмного диску та пристроєм для додаткового запису надмірного тиску класу точності 1,0 і межею вимірювань 16 кгс/см². Межевий перепад тиску дифманометру $\Delta P_H=1600$ кгс/см², а верхня межа шкали $Q_{\text{номпр}}=100000$ нм³/год. Для запису температури газу обирають самопишучий манометричний термометр типу ТЖС-712 класу точності 0,5 з межею вимірювань – 50...50 °С і електричним приводом діаграмного диску.

Абсолютну температуру газу перед звукувальним пристроєм знаходять за (5.1):

$$T=273,15+20=293,15 \text{ К.}$$

Абсолютний тиск газу перед звукувальним пристроєм – за (5.2)

$$P=9+1,027=10,027 \text{ кгс/см}^2.$$

Внутрішній діаметр трубопроводу перед звукувальним пристроєм при температурі t – за (5.28):

$$D=513,8 \cdot 1=513,8 \text{ мм.}$$

Показник адиабати суміші газів визначають за (5.27):

$$\chi=0,9336 \cdot 1,31+0,0165 \cdot 1,19+0,0113 \cdot 1,148+0,004 \cdot 1,096+0,0023 \cdot 1,076+0,0019 \cdot 1,096+0,0015 \cdot 1,076+0,0273 \cdot 1,4+0,0014 \cdot 1,3+0,0002 \cdot 1,398=1,3064982$$

Густина сухого природного газу при нормальних умовах розраховують за (5.4):

$$\rho_{\text{ном}}=0,9336 \cdot 0,6681+0,0165 \cdot 1,26+0,0113 \cdot 1,8659+0,004 \cdot 2,4947+0,0023 \cdot 3,1633+0,0019 \cdot 2,4911+0,0015 \cdot 3,1633+0,0273 \cdot 1,1889+0,0014 \cdot 1,8346+0,0002 \cdot 1,3311=0,7276369 \text{ кг/м}^3.$$

Динамічну в'язкість кожного компоненту при робочій температурі та атмосферному тиску визначають за (5.19):

$$\begin{aligned} A &= 0,9336 \cdot 1,12 \cdot 10^{-6} \sqrt{16,042} + 0,0165 \cdot 0,94 \cdot 10^{-6} \sqrt{30,068} + \\ &+ 0,0113 \cdot 0,82 \cdot 10^{-6} \sqrt{44,094} + 0,004 \cdot 0,75 \cdot 10^{-6} \sqrt{58,12} + \\ &+ 0,0023 \cdot 0,69 \cdot 10^{-6} \sqrt{72,15} + 0,0019 \cdot 0,75 \cdot 10^{-6} \sqrt{58,12} + \\ &+ 0,0015 \cdot 0,69 \cdot 10^{-6} \sqrt{72,15} + 0,0273 \cdot 1,78 \cdot 10^{-6} \sqrt{28,016} + \\ &+ 0,0014 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \sqrt{44,011} + 0,0002 \cdot 2,08 \cdot 10^{-6} \sqrt{32} = \\ &= 4,6640905 \cdot 10^{-6}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= 0,9336 \cdot \sqrt{16,042} + 0,0165 \cdot \sqrt{30,068} + 0,0113 \cdot \sqrt{44,094} + \\ &+ 0,004 \cdot \sqrt{58,12} + 0,0023 \cdot \sqrt{72,15} + 0,0019 \cdot \sqrt{58,12} + 0,0015 \cdot \\ &\cdot \sqrt{72,15} + 0,0273 \cdot \sqrt{28,016} + 0,0014 \cdot \sqrt{44,011} + 0,0002 \cdot \sqrt{32} = \\ &= 4,1369856; \end{aligned}$$

$$\mu_{\text{см}} = \frac{4,6640905 \cdot 10^{-6}}{4,1369856} = 1,1274127 \cdot 10^{-6} \text{ кгс} \cdot \text{с/м}^2.$$

Псевдо критичні параметри $P_{\text{пк}}$ і $T_{\text{пк}}$ природного газу, що містить CO_2 і N_2 , знаходять з (5.22), (5.23):

$$\begin{aligned} P_{\text{пк}} &= 30,168 [0,05993 (26,831 - 0,7276369) + \\ &+ (0,0014 - 0,392 \cdot 0,0273)] = 46,913442 \text{ кгс/см}^2; \\ T_{\text{пк}} &= 88,25 [1,7591 (0,56364 - 0,7276369) - \\ &- (0,0014 + 1,681 \cdot 0,0273)] = 196,2851 \text{ К.} \end{aligned}$$

Наведені тиск і температуру визначають по (5.24), (5.25):

$$P_{\text{пр}} = 10,027 / 46,913442 = 0,2137341;$$

$$T_{\text{пр}} = 293,15 / 196,2851 = 1,4934908.$$

$P_{\text{пр}}=0,2137341 \leq 0,6$, то $C_{\mu}=1$, динамічна в'язкість $\mu=C_{\mu} \mu_{\text{см}}=1,127412 \cdot 10^{-6} \text{ кгс} \cdot \text{с/м}^2.$

Коефіцієнт наведення надмірного тиску для газу, що містить CO₂ і N₂, знаходять за (5.13):

$$K_P = \frac{156,47}{5,993(26,831 - 0,7276369) + (0,14 - 0,392 \cdot 2,73)} = 1,0061907.$$

Коефіцієнт наведення надмірної температури для газу, що містить CO₂ і N₂, знаходять за (5.14):

$$K_T = \frac{226,29}{175,91(0,56364 + 0,7276369) - (0,14 + 1,681 \cdot 2,73)} = 1,0174023.$$

Псевдонаведені надмірний тиск P_{ИП} і температуру t_П визначають відповідно за (5.9) і (5.10):

$$P_{ИП} = 9 \cdot 1,0061907 = 9,0557163 \text{ кгс/см}^2;$$

$$t_{П} = 1,0174023 (20 + 273,15) - 273,15 = 25,10148 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Коефіцієнт стисливості K_{СМ} природного газу знаходять з табл. 5.5 в залежності від P_{ИП}, t_П, ρ_{НОМ} та вмісту CO₂ і N₂: K_{СМ}=0,9817.

Густина газу в робочих умовах при відомій густині в нормальних умовах обчислюють за (5.6):

$$\rho_{ВГ} = 283,73 \frac{10,027}{293,15 \cdot 0,9817} \cdot 0,7276369 = 7,1932023 \text{ кг/м}^3.$$

Додаткову величину С при вимірюванні витрати сухої частини вологого газу обчислюють за (5.35):

$$C_2 = \frac{100000 \cdot 291,15 \cdot 0,9817 \cdot 7,1932023}{3,553 \cdot 513,8^2 \cdot 10,027} = 8,2068.$$

Число Рейнольдса для Q_{НОМР} визначають за (5.30):

$$Re_{\text{max}} = \frac{0,0361 \cdot 100000 \cdot 0,7276369}{513,8 \cdot 1,127413 \cdot 10^{-6}} = 4534660,4.$$

Задають перше наближення відносної площини m₁=0,5 (приймають звичайно середину).

Відносна шорсткість трубопроводу:

$$\frac{K}{D} 10^4 = \frac{0,1}{513,8} 10^4 = 1,94628.$$

Для m>0,13 границю відносної шорсткості трубопроводу обчислюють за (5.36):

$$V = 3,9 + 10^3 \exp(-14,2\sqrt{0,5}) = 3,9435799.$$

Границя V більше відносної шорсткості, тому поправочні множники на притуплення вхідної кромки K_П=1 і на шорсткість трубопроводу K_Ш=1.

Значення m знаходиться в діапазоні 0,2...0,59, тому Re_{мін}=10⁴.

В діапазоні 10⁴≤Re<10⁸ коефіцієнт витрати діафрагми визначають за (5.39):

$$\alpha_{y1} = \frac{1}{\sqrt{1-0,5^2}} \left[0,5959 + 0,0312 \cdot 0,5^{1,05} - 1,184 \cdot 0,5^4 + 0,0029 \cdot 0,5^{1,25} \left(\frac{10^6}{4534660,4} \right)^{0,75} \right] = 0,69265968.$$

Коефіцієнт розширення газу, що враховує зміну густини при проходженні через діафрагму, знаходять по (5.45):

$$\varepsilon_{D1} = 1 - \left(0,41 + 0,35 \cdot 0,5^2 \right) \frac{0,16}{10,027 \cdot 1,3064982} = 0,9939238.$$

Допоміжну величину F₁ обчислюють за (5.46):

$$F_1 = 0,5 \cdot 0,69265968 \cdot 0,9939238 \sqrt{1600} = 13,769017.$$

Відносне відхилення допоміжних величин знаходять по (5.47):

$$\delta_{C1} = \left(\frac{F_1}{C} - 1 \right) \cdot 100 = \left(\frac{13,769017}{8,2068} - 1 \right) \cdot 100 = 67,78 \text{ } \%.$$

Відносне відхилення |δ_{С1}| > 0,2 %, то процес пошуку m продовжується. В цьому випадку F₁>C, тоді модуль приймаємо меншим m₁ (мінімальний можливий модуль дорівнює 0,05), тому m₂=0,05.

Для m ≤ 0,9 з умови (5.36) границя відносної шорсткості трубопроводу V=25.

Границя V більше величини (K·10⁴/D), то K_П=K_Ш=1.

Коефіцієнт витрати за (5.39) буде

$$\alpha_{y_2} = \frac{1}{\sqrt{1-0,05^2}} \left[0,5959 + 0,0312 \cdot 0,05^{1,05} - 1,184 \cdot 0,05^4 + 0,0029 \cdot 0,05^{1,25} \left(\frac{10^6}{4534660,4} \right)^{0,75} \right] = 0,59801175 .$$

Коефіцієнт розширення – за (5.45):

$$\varepsilon_{D_2} = 1 - \left(0,41 + 0,35 \cdot 0,05^2 \right) \frac{0,16}{10,027 \cdot 1,3064982} = 0,9949818 .$$

Допоміжну величину F_2 знаходять за (5.46):

$$F_1 = 0,05 \cdot 0,59801175 \cdot 0,9949818 \sqrt{1600} = 1,19002 .$$

Відносне відхилення допоміжних величин δ_{C_2} знаходять по (5.47):

$$\delta_{C_2} = \left(\frac{1,19002}{8,2068} - 1 \right) \cdot 100 = -85,499 \% .$$

Продовжимо процес визначення m при $|\delta_{C_2}| > 0,2$ %. Для скорішої сходимості використаємо метод хорд до того часу, поки $|\delta_C| \leq 0,002$ %.

За формулою (5.48):

$$m_3 = 0,5 - \frac{(0,05 - 0,5)}{1,19002 - 13,769017} (13,769017 - 8,2068) = 0,301017$$

Границю відносної шорсткості для m_3 знайдемо по (5.36):

$$V = 3,9 + 10^3 \exp(-14,2 \sqrt{0,3010177}) = 4,3135505 .$$

$V > (K \cdot 10^4 / D)$, то $K_n = K_{ш} = 1$.

Коефіцієнт витрати визначимо за (5.39):

$$\alpha_{y_3} = \frac{1}{\sqrt{1-0,3010177^2}} \left[0,5959 + 0,0312 \cdot 0,3010177^{1,05} - \right.$$

$$\left. - 0,184 \cdot 0,3010177^4 + 0,0029 \cdot 0,3010177^{1,25} \left(\frac{10^6}{4534660,4} \right)^{0,75} \right] = 0,632791 ,$$

а коефіцієнт розширення в третьому наближенні – за (5.45):

$$\varepsilon_{D_3} = 1 - \left(0,41 + 0,35 \cdot 0,3010177^2 \right) \frac{0,16}{10,027 \cdot 1,3064982} = 0,994603$$

Допоміжну величину F_3 визначають по (5.46):

$$F_3 = 0,3010177 \cdot 0,9946032 \cdot 0,63279166 \sqrt{1600} = 7,5781392 .$$

Відносне відхилення δ_{C_3} знаходять за (5.47):

$$\delta_{C_3} = \left(\frac{7,5781392}{8,2068} - 1 \right) \cdot 100 = -7,66025 \% .$$

$|\delta_{C_3}| > 0,2$, проведемо четверте наближення і т.д. до n , при цьому $m_n = 0,3234281$.

Границя відносної шорсткості V , коефіцієнт витрати α_y , коефіцієнт розширення ε_D і допоміжна величина F для n -го наближення відповідно будуть дорівнювати:

$$V_n = 4,211029 ; \quad \alpha_{yn} = 0,63793892 ;$$

$$\varepsilon_{Dn} = 0,9945454 ; \quad F_n = 8,20808 .$$

Відносне відхилення для n -го наближення:

$$\delta_n = \left(\frac{8,2808}{8,2068} - 1 \right) 100 = 0,015 \% .$$

$|\delta_n| < 0,2$, то остаточно маємо $m = 0,3234281$, а $\alpha = 0,63793892$.

Число Рейнольдса для діаметру D і витрати $Q_{ном\min}$ розраховують по (5.30):

$$Re = 0,0361 \frac{50000 \cdot 0,7276369}{513,8 \cdot 1,127413 \cdot 10^{-6}} = 2267330,1 .$$

При $m = 0,2 \dots 0,59$ $Re_{\min} = 10^4$ і менше Re , то розрахунок продовжимо.

Поправочний множник на теплове розширення $K_t = 1$.

Діаметр отвору діафрагми знаходять за (5.49):

$$d_{20} = \frac{513,8}{1} \sqrt{0,3234281} = 292,2 \text{ мм} .$$

Втрату тиску на діафрагмі обчислюють за (5.50):

$$P_{\Pi} = \frac{1 - 0,63793892 \cdot 0,3234281}{1 + 0,63793892 \cdot 0,3234281} \cdot 0,16 = 0,10526797 \text{ кгс/см}^2.$$

Витрату, що є відповідною межовому перепаду тиску, знаходять по (5.52):

$$Q_{\text{НОМ}} = 3,553 \cdot 0,63793892 \cdot 0,9945454 \cdot 1^2 \cdot 292,2^2 \times \\ \times \frac{10,027}{293,15 \cdot 0,9817} \cdot \sqrt{\frac{1600}{7,1932023}} = 100013,9 \text{ мм}^3/\text{год}.$$

Відносне відхилення при вимірюванні витрати визначимо за (5.57):

$$\delta_{\text{расч}} = \left(\frac{Q_{\text{НОМ}}}{Q_{\text{НОМ.ПР}}} - 1 \right) \cdot 100 = \left(\frac{100013,9}{100000} - 1 \right) \cdot 100 = 0,014 \text{ \%}.$$

Оскільки $\delta < 0,2$, то розрахунок вважається завершеним.

Визначення похибки вимірювання витрати зводиться до наступного.

Похибки σ_d і σ_D із-за відхилень діаметрів d і D складають відповідно 0,035 % і 0,15 %.

Середні квадратичні похибки $\sigma_{\alpha D}$ і $\sigma_{\alpha d}$ із-за припустимих відхилень діаметрів d і D знаходять відповідно за (5.67) і (5.68):

$$\sigma_{\alpha d} = 2 \cdot 0,035 \left(1 + \frac{0,323428^2}{0,637938} \right) = 0,1 \text{ \%};$$

$$\sigma_{\alpha D} = 2 \cdot 0,151 \cdot \frac{0,323428^2}{0,637938} = 0,05 \text{ \%}.$$

Газ є сухим, тому середня квадратична відносна похибка коефіцієнту корекції витрати на вологість газу $\sigma_{\text{кф}}=0$.

Середню квадратичну відносну похибку коефіцієнту витрати обчислюють за (5.64):

$$\sigma_{\alpha_y} = (0,3^2 + 0,1^2 + 0,05^2)^{0,5} = 0,32 \text{ \%}.$$

Середню квадратичну відносну похибку дифманометру, що є ресструким, з обробкою діаграм кореневим планіметром і класом точності за витратою $S \sqrt{\Delta P} = 1$, визначають за (5.73):

$$\sigma^2 \sqrt{\Delta P} = 0,25 \left(\frac{100000}{100013,9} \cdot 1,0 \right)^2 + 0,25 \cdot 0,3 + 0,0012 \cdot 5^2 = 0,86 \text{ \%},$$

де $\delta_{\text{ПК}} = 0,3$; $\Delta \tau \sqrt{\Delta P} = 5$ - відповідно наведена похибка кореневого планіметру і абсолютна похибка ходи діаграми дифманометру.

Похибка вимірювання тиску ресструким манометром знаходять за (5.76):

$$\sigma_P^2 = 0,25 \left(\frac{100 \cdot 1,3595 \cdot 10^{-3}}{10,027} \right)^2 + 0,25 \left(\frac{16}{9} \cdot 1 \right)^2 + 0,25 \cdot 0,2^2 + \\ + 0,0012 \cdot 5^2 = 0,83 \text{ \%},$$

де $\Delta P_B = 1,3595 \cdot 10^{-3}$ кгс/см² - максимальна абсолютна похибка вимірювання барометричного тиску; $P_{\text{ПР}} = 16$ кгс/см² - верхня межа шкали вимірювань манометру для надмірного тиску з класом точності $S_{\text{PM}} = 1$ %; $\delta_{\text{ПП}} = 0,2$ - наведена похибка манометру для надмірного тиску з обробкою діаграми пропорційним планіметром, %; $\Delta \tau_{\text{PM}} = 5$ - абсолютна похибка ходи діаграми манометру, хвил.

Середню квадратичну відносну похибку коефіцієнту розширення діфрагми з кутовим способом відбору ΔP визначають за (5.86):

$$\sigma_{\epsilon_d} = \frac{1 - 0,9945454}{0,9945454} (8^2 + 4 \cdot 0,86 + 0,83)^{0,5} + 0,3 = 0,075 \text{ \%}$$

де $\sigma_{\chi} = 8$ - похибка обчислення показника адіабати, %;

$\sigma_0 = 2 \Delta P / P = 2 \cdot 0,16 / 10,027 = 0,03$ %; σ_0 - похибка визначення перепаду тиску при $m \leq 0,56$.

Коефіцієнт корекції витрати на число Рейнольдса розраховують за (5.82):

$$K_{\text{Re}} = \frac{0,637698 + 0,0007474 \left(\frac{10^6}{4534660,4} \right)^{0,75}}{0,637698 + 0,0007474} = 0,999206,$$

$$\text{де } C = (0,5959 + 0,0312 \cdot 0,323428^{1,05} - 0,184 \cdot 0,323428^4) \times \\ \times \frac{1}{\sqrt{1 - 0,323428^2}} = 0,637698 ;$$

$$B = \frac{0,0029 \cdot 0,323428^{1,25}}{\sqrt{1 - 0,323428^2}} = 0,0007474 .$$

Похибка визначення в'язкості по формулам складає $\sigma_{\mu} = 5\%$.

Середню квадратичну відносну похибку коефіцієнту корекції витрати на число Рейнольдса обчислюють за (5.81):

$$\sigma_{K_{Re}} = (1 - 0,999206) \cdot 5 = 0,00397\% .$$

Похибка $\sigma_{\rho_{номi}}$ для компонентів даного газу буде складати:

$$\sigma_{\rho_{ном}} (\text{метан}) = \frac{50 \cdot 0,00005}{0,6681} = 0,0037\% ;$$

$$\sigma_{\rho_{ном}} (\text{етан}) = \frac{50 \cdot 0,00005}{1,26} = 0,002\% ;$$

$$\sigma_{\rho_{ном}} (\text{пропан}) = \frac{50 \cdot 0,00005}{1,8659} = 0,0013\% ;$$

$$\sigma_{\rho_{ном}} (\text{н-бутан}) = \frac{50 \cdot 0,00005}{2,4947} = 0,001\% ;$$

$$\sigma_{\rho_{ном}} (\text{н-пентан}) = \frac{50 \cdot 0,00005}{3,1633} = 0,0008\% ;$$

$$\sigma_{\rho_{ном}} (\text{i-бутан}) = \frac{50 \cdot 0,00005}{4,4911} = 0,001\% ;$$

$$\sigma_{\rho_{ном}} (\text{i-пентан}) = \frac{50 \cdot 0,00005}{3,1633} = 0,0008\% ;$$

$$\sigma_{\rho_{ном}} (\text{азот}) = \frac{50 \cdot 0,00005}{1,1899} = 0,0021\% ;$$

$$\sigma_{\rho_{ном}} (\text{вуглекислий газ}) = \frac{50 \cdot 0,00005}{1,8346} = 0,0014\% ;$$

$$\sigma_{\rho_{ном}} (\text{кисень}) = \frac{50 \cdot 0,00005}{1,3311} = 0,0019\% .$$

де $\Delta \rho_{номi} = 0,00005$ – максимальна абсолютна похибка визначення $\rho_{ном}$ по таблицям.

Середню квадратичну відносну похибку вимірювання густини газу за нормальних умов визначають по (5.83):

$$\sigma_{\rho_{ном}} = \frac{1}{0,7276369} \left\{ \sum \left[(0,9336 \cdot 0,6681)^2 (0,0037^2 + 0,05^2) \right] + \right. \\ + \left[(0,0165 \cdot 0,126)^2 (0,002^2 + 0,1^2) \right] + \left[(0,0113 \cdot 1,8659)^2 (0,0013^2 + 0,1^2) \right] + \\ + \left[(0,004 \cdot 2,4947)^2 (0,001^2 + 0,1^2) \right] + \left[(0,0023 \cdot 3,1633)^2 (0,0008^2 + 0,1^2) \right] + \\ + \left[(0,0019 \cdot 2,4911)^2 (0,001^2 + 0,1^2) \right] + \left[(0,0015 \cdot 3,1633)^2 (0,0008^2 + 0,1^2) \right] + \\ + \left[(0,0273 \cdot 1,1899)^2 (0,0021^2 + 0,1^2) \right] + \left[(0,0014 \cdot 1,8346)^2 (0,0014^2 + 0,1^2) \right] + \\ \left. + \left[(0,0002 \cdot 1,3311)^2 (0,0019^2 + 0,1^2) \right] \right\}^{0,5} = 0,04343\% .$$

Похибка вимірювання температури ресструючим приладом з класом точності $S_r = 0,5$ з обробкою діаграми пропорційним планіметром, абсолютною похибкою $\Delta \tau_i = 5$ і верхню межею вимірювання $N_i = 50$ °C знаходять за (5.79):

$$\sigma_T^2 = 0,25 \left(\frac{50 + 273,15}{273,15 + 20} \cdot 0,5^2 \right) + 0,25 \cdot 0,2^2 + 0,0012 \cdot 5^2 = 0,12\% .$$

Похибка коефіцієнту стисливості природного газу в діапазоні температур $-25 \dots 80$ °C і тисків до 80 кгс/см^2 визначають за (5.84):

$$\sigma_K^2 = \left[(1 - 0,9817)^2 (0,83 + 16 \cdot 0,12 + 4 \cdot 0,043 + 0,04 \cdot 0,1^2 + 0,003 \cdot 0,1^2) + \right. \\ \left. + 0,25^2 \right] = 0,25\% .$$

Середню квадратичну відносну похибку вимірювання витрати знаходять за (5.61):

$$\sigma_Q = \left[0,32^2 + 0,075^2 + 0,00397^2 + 0,86 + 0 + 0,25(0,043^2 + 0,83 + 0,12 + 0,25) \right]^{0,5} = 1,13 \%$$

Межеву похибку вимірювання витрати обчислюють за (5.88):

$$\delta_Q = 2 \cdot 1,13 = 2,26 \%$$

За розд.4.3, ч.1. обираємо діафрагму ДБ 16-514-6 (ГОСТ 14322-77).

Розрахунок діафрагми для вимірювання витрати водяної пари виконаний у відповідності з варіантом 3 за таких вихідних даних:

- звужувальний пристрій – діафрагма зі сталі 2Х18Н10Т з кутовим способом відбору перепаду тисків;
- мінімальна витрата, що вимірюється, $Q_{\min} = 2500$ кг/год.;
- максимальна витрата, що вимірюється, $Q_{\max} = 5000$ кг/год.;
- температура пари перед звужувальним пристроєм, $t = 150$ °С;
- надмірний тиск пари біля звужувального пристрою, $P_H = 3,2$ кгс/см²;
- барометричний тиск навколишнього середовища, $P_B = 1$ кгс/см²;
- внутрішній діаметр трубопроводу при температурі 20 °С, $D_{20} = 207$ мм;
- абсолютна шорсткість трубопроводу, $K = 0,1$ мм;
- густина пари, $\rho = 2,189$ кг/м³;
- динамічна в'язкість, $\mu = 1,42 \cdot 10^{-6}$ кгс·с/м²;
- поправочний множник на теплове розширення трубопроводу, $K'_t = 1,00157$;
- поправочний множник на теплове розширення матеріалу звужувального пристрою $K_t = 1,00216$;
- показник адіабати $\chi = 1,31$;
- перепад тиску пари на звужувальному пристрої $\Delta P_H = 1600$ кгс/см².

Розрахунок виконується за наступною методикою.

По розд. 2.2. обирають самопишучий сильфонний дифманометр типу ДСС-712-2с класу точності по витраті 1,5 з межовим перепадом тиску $\Delta P_H = 1600$ кгс/см², верхню межею вимірювання $Q_{\text{пр}} = 5000$ кг/год, пристро-

єм для доповнюючого запису надмірного тиску класу точності 1,5 і верхню межею вимірювання $P_{\text{пр}} = 6$ кгс/см², електричним приводом діаграмного диску.

Абсолютну температуру пари перед звужувальним пристроєм знаходять за (5.1), а абсолютний тиск його – за (5.2):

$$T = 273,15 + 150 = 423,15 \text{ К},$$

$$P = 3,2 + 1 = 4,2 \text{ кгс/см}^2.$$

Внутрішній діаметр трубопроводу при температурі t розраховують за (5.28):

$$D = 207 \cdot 1,00157 = 207,32499 \text{ мм.}$$

Число Рейнольдса при $Q_{\text{пр}}$ визначають за (5.29):

$$Re_{\max} = 0,0361 \frac{5000}{207,32499 \cdot 1,42 \cdot 10^{-6}} = 613108,3.$$

Допоміжну величину C_2 – за (5.33):

$$C_2 = \frac{5000}{0,01252 \cdot 207,32499^2 \cdot 2,189^{0,5}} = 6,2797.$$

Використовуючи раніше наведений метод послідовних наближень, визначимо модуль звужувального пристрою, який з точністю до 0,002 % буде дорівнювати $m = 0,2538298$.

При значенні m і заданому перепаді тиску пари на звужувальному пристрої ΔP_H за (5.45) знаходять коефіцієнт розширення пари:

$$\epsilon_D = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot 0,2538298^2) \frac{0,16}{4,2 \cdot 1,31} = 0,9874214.$$

Відносна шорсткість трубопроводу:

$$\frac{K}{D} \cdot 10^4 = \frac{0,1}{207,32499} \cdot 10^4 = 4,823345.$$

За (5.36) розраховують верхню границю відносної шорсткості трубопроводу при $m > 0,13$:

$$B = 3,9 + 10^3 \exp(-14,2 \sqrt{0,2538298}) = 4,681593.$$

$B < K \cdot 10^4 / D$, то $K_D \neq 1$, $K_{\text{ш}} \neq 1$.

$$C = D / 10^3 = 207,32499 / 10^3 = 0,20732499.$$

При $C \leq 0,3$ коефіцієнти a і b знаходять за (5.37):

$$a = (0,20732499 - 0,3)(-1,066 \cdot 0,20732499^2 + 0,36 \cdot 0,20732499 - 0,13) = 0,0093772;$$

$$b = 1 + (0,20732499 - 0,3)(-0,08 \cdot 0,20732499^2 + 0,024 \cdot 0,20732499 - 0,0046) = 1,0002838.$$

Тоді за (5.37):

$$K_{III} = 0,0093722 \cdot 0,2538298 + 1,0002838 = 1,002664.$$

Для визначення коефіцієнту K_{II} також необхідно за (5.38) розрахувати допоміжні коефіцієнти:

$$a = 1 + 0,011 \exp[-55,2(0,20732499 - 0,05)^{1,3}] = 1,000075;$$

$$b = 0,002 + 0,2558 \cdot 0,20732499 - 1,68 \cdot 0,20732499^2 + 2,867 \cdot 0,20732499^3 = 0,0083707;$$

$$n = 4,25 + 142,94(0,20732499 - 0,05)^{1,92} = 8,352092;$$

$$K_{II} = 1,000075 + 0,60083707 \exp[-8,352092(0,2538298 - 0,05)] = 1,0016006.$$

Коефіцієнт витрати з урахуванням обох поправочних коефіцієнтів визначають за (5.39):

$$\alpha_y = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,2538298^2}} \left[0,5959 + 0,0312 \cdot 0,2538298^{1,05} - 0,184 \cdot 0,2538298^4 + 0,0029 \cdot 0,2539298^{1,25} \left(\frac{10^6}{613108,3} \right)^{0,75} \right] \times 1,0016006 \cdot 1,002664 = 0,62637461;$$

$$0,2 < m \leq 0,59, \text{ то } Re_{\min} = 10^4.$$

Число Рейнольдса при \bar{Q}_{\min} знаходять за (5.29):

$$Re = \frac{0,0361 \cdot 2500}{207,32499 \cdot 1,42 \cdot 10^{-6}} = 306554,15.$$

1) $Re > Re_{\min}$, то розрахунок продовжують і за (5.49) знаходять діаметр отвору діафрагми при 20°C :

$$d_{20} = \frac{207,32499}{1,00216} \sqrt{0,2538298} = 104,22834 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_{20} = 104,23$ мм з точністю до сотих.

Дійсну втрату тиску після діафрагми визначають за (5.50):

$$P_{II} = \frac{1 - 0,62637461 \cdot 0,2538298}{1 + 0,62637461 \cdot 0,2538298} \cdot 0,16 = 0,1161 \text{ кгс/см}^2.$$

Перевіримо правильність розрахунку обчисленням витрати \bar{Q}' при знайдених значеннях m , d_{20} , α_y та ΔP_H за (5.53):

$$\bar{Q}' = 0,01252 \cdot 0,62637461 \cdot 104,23^2 \cdot 1,00216^2 \sqrt{1600 \cdot 2,189} = 5000,1548 \text{ кг/год.};$$

Відносне відхилення витрати знаходять за (5.57):

$$\delta_{\text{расч}} = \left(\frac{5000,1548}{5000} - 1 \right) \cdot 100 = 0,003 \%$$

$\delta_{\text{расч}} < 0,2$, то розрахунок завершено.

Далі визначимо похибки при вимірюванні витрати.

Похибки із-за відхилень діаметрів d і D складають $\sigma_d = 0,035 \%$, а $\sigma_D = 0,15 \%$.

Середню квадратичну відносну похибку із-за припустимих відхилень діаметру діафрагми знаходять за (5.67):

$$\sigma_{\alpha_d} = 2 \cdot 0,035 \left(1 + \frac{0,2538298^2}{0,62637} \right) = 0,0772.$$

Середню квадратичну відносну похибку із-за припустимих відхилень діаметру трубопроводу – за (5.68):

$$\sigma_{\alpha_D} = 2 \cdot 0,15 \cdot \frac{0,2538298}{0,62637} = 0,03087.$$

Похибки визначення поправочних коефіцієнтів для $C=D/10^3=0,20732499$ знаходять за (5.66):

$$\sigma_{K_{ш}} = 1,67 \cdot 0,2538298 + (0,081 - 0,20732499)(66,3 \cdot 0,20732499^2 - 33,7 \cdot 0,20732499 + 6,9) \approx 0,08 \% ;$$

$$\sigma_{K_{п}} = (10 \cdot 0,20732499 - 3)(0,833 \cdot 0,2538298 - 0,338) = 0,12 \%$$

За цією ж формулою визначають середню квадратичну відносну похибку коефіцієнту для $m=0,005 \dots 0,36$:

$$\sigma'_{\alpha_y} = (0,31^2 + 0,08^2 + 0,12^2)^{0,5} = 0,36.$$

$$\text{де } \sigma_{\alpha_y} = (0,3^2 + 0,0772^2 + 0,03084^2)^{0,5} = 0,31 \%$$

Середню квадратичну відносну похибку реєструючого дифманометру з обробкою діаграми кореневим планіметром і класом точності по витраті $S\sqrt{\Delta P} = 1,5$ обчислюють за (5.73):

$$\sigma_{\sqrt{\Delta P}}^2 = 0,25 \left(\frac{5000}{5000,1548} \cdot 1,5^2 \right) + 0,25 \cdot 0,3^2 + 0,0012 \cdot 5^2 = 0,61 \%,$$

де $\delta_{ПК} = 0,3$, $\Delta^T \sqrt{\Delta P} = 5$ - відповідно наведена похибка кореневого планіметру і абсолютна похибка ходи діаграми дифманометру.

Похибка вимірювання абсолютного тиску реєструючим манометром знаходять за (5.78):

$$\sigma_p^2 = 0,25 \left(\frac{100 \cdot 1,3595 \cdot 10^{-3}}{4,2} \right)^2 + 0,25 \left(\frac{6}{3,2} \cdot 1,5 \right)^2 + 0,25 \cdot 0,2^2 + 0,0012 \cdot 5^2 = 1,31 \%,$$

де $\Delta P_B = 1,3595 \cdot 10^{-3}$ кгс/см² - абсолютна похибка вимірювання барометричного тиску.

Похибка визначення по графіку показника адиабати визначають за (5.80) аналогічно в'язкості:

$$\sigma_{\chi} = \frac{0,005}{1,31} \cdot 50 = 0,19 \%,$$

де $\Delta \chi = 0,005$ - половина одиниці поділки шкали за χ .

Середню квадратичну відносну похибку коефіцієнту розширення розраховують за (5.86):

$$\sigma_{\epsilon_d} = \frac{1 - 0,98742}{0,98742} (0,19^2 + 0,61 + 1,31)^{0,5} + 0,076 = 0,094 \%,$$

де $\sigma_0 = 2 \Delta P_H / P = 2 \cdot 0,16 / 4,2 = 0,076$ для $m \leq 0,56$.

Середня квадратична відносна похибка визначення коефіцієнту корекції витрати на число Рейнольдса, яка обчислена аналогічно попереднім прикладам, становить $\sigma_{K_{Re}} = 0$.

Середню квадратичну відносну похибку визначення густини знаходять за (5.80) аналогічно в'язкості:

$$\sigma_{\rho} = \frac{0,0005}{2,189} \cdot 50 = 0,0114 \%,$$

де $\Delta \rho = 0,0005$ кг/м³ - абсолютна похибка визначення густини по таблицям.

Середню квадратичну відносну похибку вимірювання витрати визначають за (5.62):

$$\sigma_Q = \left[0,36^2 + 0 + 0,61 + 0,094^2 + 0,25(0,0114^2 + 1,31) \right]^{0,5} = 1,07 \%.$$

Межу похибку вимірювання витрати пари δ_Q знаходять за (5.88):

$$\delta_Q = 2 \cdot 1,07 = 2,14 \%.$$

За розд. 4.3 ч.І обирають діафрагму типу ДК 0,6-207-П-6-2 (ГОСТ 14321-73).

5.3. РОЗРАХУНОК ВИТРАТОМІРІВ З СОПЛАМИ КРИТИЧНОГО СТІКАННЯ.

Розрахунок витратомірів з соплами критичного стікання передбачає визначення діаметру критичного перерізу та інші розміри сопла, його коефіцієнта витрати, внутрішнього діаметра вхідного трубопроводу і необхідних довжин його прямих ділянок, динамічного діапазону вимірюван-

ня, що визначається максимальним і мінімальним значеннями чисел Рейнольдса у критичному перерізі сопла, а також похибки вимірювання. Для розрахунку мають бути задані початковий профіль сопла, максимальна і мінімальна витрати газу за нормальних умов, максимальний і мінімальний тиски газу перед соплом і за ним, склад і густина газу за нормальних умов та матеріал сопла.

Алгоритм розрахунку на початку вимагає обрання типу і класу точності манометрів і термометра. Послідовність розрахунку наступна.

Визначаються за формулами (5.1), (5.2), (5.8), (5.24) і (5.25) недостатні для розрахунку значення абсолютного тиску газу, наведених температури і тиску, коефіцієнту стисливості газу у робочих умовах.

Відносна густина газу $\bar{\rho}$ обчислюється за рівнянням:

$$\bar{\rho} = \rho_{\text{НОМ}} K_V / (\rho_{\text{НОМ.В}} \cdot K_C), \quad (5.89)$$

де $\rho_{\text{НОМ.В}}$ і K_V – відповідно густина повітря за нормальних умов і коефіцієнт стисливості повітря при робочих температурі та тиску.

За однієї з формул (4.49)*, (4.51) - (4.53) для обраного типу сопла визначаються середній коефіцієнт витрати α , а по формулам (4.44) і (4.48) діаметр критичного перерізу сопла d .

Визначаються мінімальне і максимальне числа Рейнольдса у критичному перерізі Re_d за рівнянням (4.50) для $Q_{\text{Нmax}}$ і $Q_{\text{Нmin}}$. Для отриманих чисел Рейнольдса здійснюється перевірка їх відповідності припустимим значенням для обраного профілю критичного сопла.

$$Re_{d \text{ max}} = 0,0361 Q_{\text{Н max}} \rho_{\text{НОМ}} / (\mu d); \quad (5.90)$$

$$Re_{d \text{ min}} = 0,0361 Q_{\text{Н min}} \rho_{\text{НОМ}} / (\mu d). \quad (5.91)$$

Визначається уточнене значення коефіцієнту витрати α по одній із формул (4.49), (4.51) - (4.53) для обраного типу сопла з урахуванням отриманих значень чисел $Re_{d \text{ max}}$ і $Re_{d \text{ min}}$.

Обчислюється уточнене значення діаметра критичного перерізу d за формулами (4.44) і (4.48) з урахуванням уточненого коефіцієнта витрати α .

Здійснюється перевірка відповідності заданого значення витрати газу розрахунковій, яка визначається за рівнянням:

$$Q_{\text{Н}} = 8,871 \alpha d^2 P_1 / \sqrt{\bar{\rho} T K_C}. \quad (5.92)$$

Якщо значення співпадає із заданим з точністю до 0,2 %, можна вважати, що розрахунок виконаний коректно, а якщо не співпадає – роз-

* Нумерація формул відповідає нумерації наведеній у розділі 4, ч.1.

рахунок слід повторити з більш точним визначенням значень у формулі (5.92).

У подальшому визначаються розміри сопла і трубопроводів, що підводяться до сопла, за формулами (4.31)-(4.42)*. Похибку вимірювання витрати газу обчислюють за рівнянням:

$$\sigma_{Q_{\text{Н}}} = \sqrt{\sigma_{\alpha}^2 + \sigma_{\chi}^2 + \sigma_{P_1}^2 + 4\sigma_d^2 + 0,25(\sigma_{\rho}^2 + \sigma_T^2 + \sigma_{K_C}^2)}. \quad (5.93)$$

За результатами досліджень критичних сопел встановлено, що значення похибок $\sigma_{\alpha}=0,25$ %, а $\sigma_d=0,025$ %. Інші середні квадратичні відносні похибки визначають за формулами, що наведені у розділі 5.2.

Приклад розрахунку критичного сопла з прямолинійними утворюючими здійснюється за таких вихідних даних:

- вимірюване середовище – природний газ;
- матеріал сопла – нержавіюча сталь X17;
- густина газу за нормальних умов, $\rho_{\text{НОМ}}=0,668$ кг/м³;
- максимальна витрата газу за нормальних умов, $Q_{\text{Нmax}} = 10^4$ м³/год;
- мінімальна витрата газу за нормальних умов, $Q_{\text{Нmin}} = 0,3 \cdot 10^4$ м³/год;
- температура газу перед соплом, $t_1=5$ °C;
- робочий надмірний тиск газу у трубопроводі P_1 перед входом у сопло може змінюватись від 10 до 12 кгс/см²;
- середній барометричний тиск, $P_{\text{б}}=1,025$ кгс/см²;
- надмірний тиск газу за соплом P_2 може змінюватись від 1 до 3 кгс/см²;
- внутрішній діаметр трубопроводу, що з'єднується із соплом, $D=100$ мм;
- в'язкість газу в робочих умовах, $\mu=1,13 \cdot 10^{-6}$ кгс-с/м².

Для вимірювання тиску застосовується вимірювальний комплект, що складається з перетворювача тиску "САФІР" моделей 2150 і 2160 і вторинного приладу типу КСУ-4-005, загальна основна наведена похибка S_p вимірювання якого не перевищує $\pm 0,5$ %. Діапазон вимірювання – (0+16 кгс/см²). Вимірювання температури здійснюється термометром опору типу ТСМ і вторинним приладом типу КСМ-4-204. Загальна основна наве-

* Нумерація формул відповідає нумерації наведеній у розділі 4, ч.1.

дена похибка вимірювання температури S_t складає $\pm 0,3\%$. Діапазон вимірювання – $(-50+50\text{ }^\circ\text{C})$, діаметр гільзи термометра – 15 мм, а глибина її зачурення у трубопроводі – 50 мм. Припустима межа похибка вимірювання витрати газу δ_Q не повинна перевищувати 1 %.

Абсолютний тиск газу до і після сопла визначається по (5.2):

$$P_{1\max} = 12 + 1,025 = 13,025 \text{ кгс/см}^2;$$

$$P_{1\min} = 10 + 1,025 = 11,025 \text{ кгс/см}^2;$$

$$P_{2\max} = 3 + 1,025 = 4,025 \text{ кгс/см}^2;$$

$$P_{2\min} = 1 + 1,025 = 2,025 \text{ кгс/см}^2.$$

За формулою (4.30)* розраховують припустиме для критичного сопла відношення тисків;

$$P_{2\max} / P_{1\min} = 4,025 / 11,025 = 0,365 < 0,5;$$

$$P_{2\min} / P_{1\max} = 2,025 / 13,025 = 0,155 < 0,5,$$

тобто відношення тисків P_2/P_1 задовільняє умові критичного стікання.

За формулами (5.11) і (5.12) визначають комплексні коефіцієнти K_P і K_T :

$$K_P = 26,1082 / (26,831 - 0,668) = 0,9979;$$

$$K_T = 1,2864 / (0,56364 + 0,668) = 1,0445.$$

Псевдонаведені надмірний тиск і температуру розраховують за рівняннями (5.9) і (5.10):

$$P_{\text{ИП1}} = 13,025 \cdot 0,9979 = 12,997 \text{ кгс/см}^2;$$

$$P_{\text{ИП2}} = 11,025 \cdot 0,9979 = 11,002 \text{ кгс/см}^2;$$

$$t_{\text{П}} = 1,0445(5 + 273,15) - 273,15 = 17,377\text{ }^\circ\text{C}.$$

Коефіцієнт стисливості природного газу K_C у відповідності з $P_{\text{НОМ}}$, $t_{\text{П}}$ і $P_{\text{ИП}}$ визначають по табл. 5.5, який буде становити $K_{C1}=0,971$ і

$K_{C2}=0,9757$. Ураховуючи невелику різницю цих коефіцієнтів приймаємо $K_C=0,974$.

Коефіцієнт стисливості повітря у робочих умовах визначається за графіком (рис. 5.10). При тиску $P_1=13,025 \text{ кгс/см}^2$ і $t=5\text{ }^\circ\text{C}$ коефіцієнт стисливості повітря $K_B=0,98$.

Відносну густину газу $\bar{\rho}$ у робочих умовах при $P_1=13,025 \text{ кгс/см}^2$ і температурі $T=278,15 \text{ К}$ розраховують за (5.89):

$$\bar{\rho} = 0,668 \cdot 0,98 / (1,292 \cdot 0,974) = 0,5202.$$

Для обраного сопла з прямолінійними утворюючими коефіцієнт витрати сопла α , визначений за формулою (4.53)*, постійний і дорівнює 0,942.

Діаметр критичного перерізу сопла d обчислюється за рівнянням (4.48)*:

$$d^2 = 10000 \sqrt{0,5202 \cdot 278,15 \cdot 0,974} / (8,871 \cdot 0,942 \cdot 13,025) = 1090,59 \text{ мм}^2;$$

$$d = \sqrt{1090,59} = 33,03 \text{ мм}.$$

Максимальне і мінімальне значення чисел Рейнольдса $Re_{d\max}$ і $Re_{d\min}$ у критичному перерізі сопла за формулами (5.90) і (5.91) становлять:

$$Re_{d\max} = 0,0361 \cdot 10000 \cdot 0,668 / (33,03 \cdot 1,13 \cdot 10^{-6}) = 6,46 \cdot 10^6;$$

$$Re_{d\min} = 0,0361 \cdot 3000 \cdot 0,668 / (33,03 \cdot 1,13 \cdot 10^{-6}) = 1,94 \cdot 10^6.$$

Згідно отриманих значень, $Re_{d\max}$ і $Re_{d\min}$, лежать усереднені діапазону припустимих чисел Рейнольдсу для сопла з прямолінійними утворюючими у робочому діапазоні ($10^5+5 \cdot 10^7$), тобто сопло знаходиться у критичному режимі стікання.

Таким чином коефіцієнт витрати α сопел з прямолінійними утворюючими у робочому діапазоні не залежать від зміни чисел Рейнольдса. Перевірка здійснюється за (5.92):

$$Q_H = 8,871 \cdot 0,942 \cdot 33,03^2 \cdot 13,025 / \sqrt{0,5202 \cdot 278,15 \cdot 0,974} =$$

$$= 9999,95 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Відносне відхилення витрати при вимірюванні визначається за (5.57):

$$\delta_{\text{расч}} = \left[\frac{9999,95}{10000} - 1 \right] 100 = 0,0005 \%$$

Точність розрахунків $\delta_{\text{расч}} < 0,2$, що припустимо.

Визначення геометричних розмірів трубопроводу, що приєднується до сопла, здійснюють за співвідношенням (4.33):

$$D \geq 4 \cdot 33,03 = 132,12 \text{ мм.}$$

Отримане значення свідчить, що попередньо прийнятий діаметр трубопроводу $D=100$ мм дещо занижений і має бути не менше 132,12 мм. У зв'язку з тим, що підвищення внутрішнього діаметру трубопроводу не вплине на виконані розрахунки, приймається цей діаметр $D=150$ мм.

Визначення діаметра входу у сопло проводять за (4.37):

$$D_1 = 2,5 \cdot 33,03 = 82,6 \text{ мм.}$$

Довжина циліндричної горловини сопла за формулою (4.38) становить:

$$l = 1,2 \cdot 33,03 = 40 \text{ мм.}$$

Довжина вихідної конічної частини L_C сопла за (4.40):

$$L_C = 5 \cdot 33,03 = 165 \text{ мм.}$$

Довжина вхідної конічної ділянки l_K сопла за (4.39):

$$l_K = (82,6 - 33,03) / \sqrt{3} = 28,6 \text{ мм.}$$

Повна довжина сопла з прямолінійними утворюючими L_n буде дорівнювати сумі довжин окремих ділянок сопла згідно формули (4.36):

$$L_n = 28,6 + 40 + 165 = 233,6 \text{ мм.}$$

Довжина прямої ділянки трубопроводу L_T (від осі гільзи термометра до вхідної площини сопла) визначають за (4.41):

$$L_T \geq 40 \cdot 33,03 = 1321,2 \text{ мм.}$$

Відстані відбору тисків L_{P1} і L_{P2} знаходять за (4.42):

$$L_{P1} = 2 \cdot 150 = 300 \text{ мм};$$

$$L_{P2} = 150 \text{ мм.}$$

Загальна довжина прямої ділянки вимірювального трубопроводу $L_{\text{вим}}$ з соплом від осі гільзи термометра до осі отворів відбору тиску P_2 при діаметрі $D=150$ мм буде складати

$$L_{\text{вим}} = 1,32 + 0,234 + 0,15 = 1,7 \text{ м.}$$

Далі визначається похибка вимірювання витрати, приклад розрахунку складових якої розглянуто у розд. 5.2.

Граничні похибки визначення показника адиабати σ_χ і відносної густини газу $\sigma_{\bar{\rho}}$ при використанні табличних значень з трьома значущими цифрами проводять за (5.80):

$$\sigma_\chi = 50 \cdot 0,0005 / 1,31 = 0,19 \%;$$

$$\sigma_{\bar{\rho}} = 50 \cdot 0,0005 / 0,534 = 0,05 \%$$

Межеву похибку визначення коефіцієнта стисливості σ_K у практичних розрахунках приймають 0,25 %. Похибку визначення тиску σ_{P1} розраховують за (5.72):

$$\sigma_{P1} = 0,5 \cdot \frac{16}{12} \cdot 0,5 = 0,3 \%$$

Межева похибка визначення температури за (5.77) становить:

$$\sigma_T = 0,5 \cdot \frac{100}{273,15 + 5} \cdot 0,3 = 0,06 \%$$

Середню квадратичну відносну похибку вимірювання витрати знаходять за (5.93):

$$\sigma_{Q_H} = \sqrt{0,25^2 + 0,19^2 + 0,3^2 + 4 \cdot 0,25^2 + 0,25(0,05^2 + 0,06^2 + 0,25^2)} = 0,45 \%$$

Загальна межева похибка вимірювання згідно (5.88) становить

$$\delta_Q = 2 \cdot 0,45 = 0,9 \%$$

5.4. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ВИКОНАВЧИХ ПРИСТРОЇВ.

Серед виконавчих пристроїв (ИУ) у хімічній, нафтохімічній, харчовій та багатьох інших галузях промисловості найчастіше застосовуються пристрої з регульовальним органом (РО) у вигляді клапану і поворотної заслінки.

Алгоритм розрахунку і вибору виконавчого пристрою з дросельним РО полягає у визначенні розмірів РО з точки зору пропускання потрібної кількості потоку для заданих параметрів трубопровідної мережі, форми пропускної характеристики, а також значення перестановочного зусилля (моменту) для обладнання ІУ певним виконавчим механізмом (ІМ) у відповідності з місцем розташування ІУ на об'єкті. Форму пропускної характеристики вибирають у два етапи. На першому етапі встановлюється форма витратної характеристики, що забезпечує по можливості сталість коефіцієнта підсилення РО в усьому діапазоні навантажень, а на другому етапі – форма пропускної характеристики РО, що забезпечує при даних параметрах середовища бажану форму витратної характеристики. При виборі форми витратної характеристики РО можна керуватися практичними даними, наведеними в табл. 5.9.

Таблиця 5.9. Рекомендації щодо вибору форми витратної характеристики

Регульований параметр	Параметр, що спричинює збурення	Форма витратної характеристики, що рекомендується
Рівень	Витрата	Лінійна
Частота обертання	Витрата	Лінійна
Тиск після РО	Перепад тиску на РО	Рівновідсоткова
	Витрата	Лінійна
Тиск до РО	Витрата	Лінійна
Температура	Витрата чи температура регульованого середовища	Рівновідсоткова
	Перепад тиску на РО чи тепловміст потоку	
Витрата	Перепад тиску на РО	Лінійна
	Задана величина, програмне регулювання	
Якість /рН, густина і т.ін./, регулювання якої здійснюється змішуванням	Витрата чи якість потоків	Рівновідсоткова
	Витрата чи якість одного потоку	
Співвідношення	Витрата одного потоку	Лінійна
	Задана величина, програмне регулювання	

Якщо для регулювання найкращою виявилась рівновідсоткова витратна характеристика, то слід вибрати і РО з рівновідсотковою пропускною характеристикою, що пов'язано з менш різким падінням коефіцієнта рівновідсотковості порівняно з лінійною. У випадку, коли за умовами регулювання потрібна лінійна витратна характеристика, тоді при $n < 1,5$ переважуючою є лінійна пропускна характеристика, при $n > 3$ – рівновідсоткова, для проміжного n з цього діапазону можна вибрати будь-яку з двох форм. При цьому величина n визначається відношенням перепадів тиску в трубопровідній лінії ΔP_{Λ} на регулюючому органі ΔP_{PO} .

Вихідними даними для розрахунку регулюючих органів є:

- максимальна об'ємна $V_{\text{МАКС}}$ (масова $M_{\text{МАКС}}$, кг/с) витрата середовища, м³/с;
- мінімальна об'ємна $V_{\text{МИН}}$ (масова $M_{\text{МИН}}$, кг/с) витрата середовища, м³/с;
- характеристика каналу регулювання і регульованого середовища;
- перепад тиску в мережі ΔP_C , Н/м²;
- характеристика чи схема мережі.

Розрахунок виконують у такій послідовності. За видом середовища та його параметрами визначають необхідні дані для розрахунку густини ρ (кг/м³), кінематичної в'язкості ν (м²/с) і показника адіабати κ .

Знаходять надлишок тиску в лінії ΔP_{Λ} при максимальній витраті:

$$\Delta P_{\Lambda} = \Delta P_{\text{ПР}} + \Delta P_{\text{М}} \quad (5.89)$$

При цьому значення $\Delta P_{\text{ПР}}$ і $\Delta P_{\text{М}}$ визначають за рівняннями

$$\Delta P_{\text{ПР}} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \rho \frac{L_i \omega_i^2}{2D_i} \quad (5.90)$$

$$\Delta P_{\text{М}} = \sum_{j=1}^m \xi_j \rho \frac{\omega_j^2}{2}, \quad (5.91)$$

де $\Delta P_{\text{ПР}}$ – надлишок тиску на прямих ділянках трубопроводу при $V_{\text{МАКС}}$, Н/м²; $\Delta P_{\text{М}}$ – надлишок тиску в місцевих опорах при $V_{\text{МАКС}}$, Н/м²; λ_i – коефіцієнти гідравлічних опорів тертя, що залежать від режиму руху потоку; ξ_j – коефіцієнти місцевих гідравлічних опорів /входу, виходу, трійників, поворотів, запірних органів, діафрагм та ін./, що визначаються з табл. 5.10; L_i – довжина прямих ділянок трубопроводів, м; D_i – умовні діаметри прямих ділянок трубопроводів, м; ω_i , ω_j – середні за перерізом швидкості потоку в трубопроводі чи місцевому опорі, м/с.

Величина ω визначається з рівняння:

$$\omega = 4V / \pi D_i^2 3600 \quad (5.92)$$

Таблиця 5.10. Коефіцієнти місцевих опорів.

Вид опору	Значення коефіцієнту місцевого опору ξ						
Вхід у трубу	3 гострими кроями: $\xi = 0,5$						
Вихід з труби	3 закругленими кроями: $\xi = 0,2$						
Діафрагма (отвір) у прямій трубі	$\xi = 1,0$						
	M	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12
	ξ	7000	1670	730	400	245	165
	M	0,24	0,28	0,34	0,50	0,70	0,90
	ξ	32	22,3	13,1	4	0,97	0,13
	m – модуль діафрагми						
Косинець (коліно) 90° стандартний чавунний нарізбї Плавний поворот круглої труби на 90°	Умовний прохід Ду, мм	12,5	25,0	37,0	50,0		
	ξ	2,2	2,0	1,6	1,1		
	R/Ду	1	2	4	5+7		
	ξ	1,1	0,7	0,63	0,6		
	R – радіус повороту труби						
Заслінка	Ду, мм	15+100	175+200	300 і вище			
	ξ	0,5	0,25	0,15			
Вентиль нормальний	Значення ξ при повному відкритті						
	Ду, мм	20	40	80	100	200	250 350
	ξ	8	4,9	4,0	4,1	4,7	5,1 5,5
Вентиль прямоочний	Ду, мм	25	50	100	150	200	250
	ξ	1,04	0,79	0,5	0,42	0,36	0,32
Раптове розширення	$\xi = (F_2/F_1 - 1)$, де F_1 і F_2 – відповідно площа більшого і меншого поперечного перерізу, м ²						
Раптове звуження	$\xi = 0,5 (1 - F_2/F_1)^2$, де F_1 і F_2 – відповідно площа більшого і меншого поперечного перерізу, м ²						

Коефіцієнт λ для круглих шорстких сталевих і чавунних трубопроводів знаходять за формулою, що справджується при $Re > 2320$:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right] \quad (5.93)$$

де $\varepsilon = e/D_1$ – відносна шорсткість; e – середня висота виступів, що визначається за табл. 5.11, мм.

При величині $Re < 2320$ коефіцієнт:

$$\lambda = 64 / Re \quad (5.94)$$

Для круглих труб число

$$Re = \omega_i D / \nu \quad (5.95)$$

Надлишок тиску ΔP_{po}^{max} у РО обчислюють при V_{max} за формулою:

$$\Delta P_{po}^{max} = \Delta P_c - \Delta P_\Lambda \pm \Delta P_\Gamma, \quad (5.96)$$

де $\Delta P_\Gamma = \rho g \Delta h$, а Δh – різниця рівня верхньої і нижньої відміток трубопроводу.

Визначають за одним із наступних рівнянь значення пропусконої здатності K_{vmax} залежно від V_{max} (M_{max}) і ΔP_{po}^{max} .

Таблиця 5.11. Середні значення шорсткості стінок труб.

Трубопроводи	Шорсткість ε , мм
Труби сталеві цільнотягнуті та зварні при незначній корозії	0,2
Чавунні труби водопровідні, що були в експлуатації	1,4
Нафтопроводи при середніх умовах експлуатації та паропроводи насиченої пари	0,2
Паропроводи, що працюють періодично	0,5
Конденсатопроводи, що працюють періодично	1,0
Повітропроводи стиснутого повітря від компресора	0,8
Теплофікаційні паропроводи перегрітої пари та водяні теплопроводи при наявності деаерації і хімічної очистки підживленої води	0,1
Старі заіржавлені сталеві труби	0,67

Для потоку рідини:

$$K_{vmax} = 36 \cdot 10^3 V_{max} \sqrt{\rho / \Delta P_{po}}; \quad (5.97)$$

$$K_{vmax} = 36 \cdot 10^3 M_{max} / \sqrt{\rho \Delta P_{po}}; \quad (5.98)$$

Для потоку газу при його докритичному режимі течії, коли $\Delta P_{po} < \Delta P_{кр} = 0,5P_1$:

$$K_{v \text{ макс}} = 7 \cdot 10^5 V_{\text{макс}}^H \sqrt{\frac{\rho_H T_1 K'}{P_2 \Delta P_{po}}}; \quad (5.99)$$

$$K_{v \text{ макс}} = 7 \cdot 10^5 M_{\text{макс}} \sqrt{\frac{T_1 K'}{\rho_H P_2 \Delta P_{po}}}; \quad (5.100)$$

При критичному режимі течії газу ($\Delta P_{po} > 0,5P_1$):

$$K_{v \text{ макс}} = 14 \cdot 10^5 \frac{V_{\text{макс}}^H}{P_1} \sqrt{\rho_H T_1 K'}; \quad (5.101)$$

$$K_{v \text{ макс}} = 14 \cdot 10^5 \frac{M_{\text{макс}}}{P_1} \sqrt{\frac{T_1 K'}{\rho_H}}; \quad (5.102)$$

де $V_{\text{макс}}^H$ - максимальна об'ємна витрата газу при нормальних умовах, $\text{нм}^3/\text{с}$; ρ - густина рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ_H - густина газу при нормальних умовах, $\text{кг}/\text{м}^3$; T_1 - температура газу перед РО, К; P_1 - тиск газу перед РО, $\text{Н}/\text{м}^2$; P_2 - тиск газу після РО, $\text{Н}/\text{м}^2$; K - коефіцієнт стисливості, що враховує відхилення газу від закону ідеального газу.

Коефіцієнт стисливості визначається з наступних умов: якщо $(P_1 - P_2)/P_1 < 0,08$, то $K'=1$; при $(P_1 - P_2)/P_1 > 0,08$ його розраховують із співвідношення

$$K' = 1 - [0,46(P_1 - P_2)/P_1] \quad (5.103)$$

Для потоку водяної пари при її докритичному режимі течії ($\Delta P_{po} < 0,5P_1$):

$$K_{v \text{ макс}} = 36 \cdot 10^3 M_{\text{макс}} \sqrt{\frac{1}{\rho_{п2} \Delta P_{po}}}; \quad (5.104)$$

При критичному режимі водяної пари ($\Delta P_{po} > 0,5P_1$):

$$K_{v \text{ макс}} = \frac{50,7 \cdot 10^3 M_{\text{макс}}}{\sqrt{\rho_{п1} P_1}}; \quad (5.105)$$

де $\rho_{п2}$ - густина пари при температурі T_1 і тиску P_2 , $\text{кг}/\text{м}^3$; $\rho_{п1}$ - густина пари при температурі T_1 і тиску $0,5P_1$, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Пропускна здатність шлангових РО визначається за такими рівняннями:

- для потоку "рідина - тверде" (пульпа)

$$K_{v \text{ макс}} = \frac{3600 V_{\text{макс}} K_{\text{ТВ}}}{\sqrt{\frac{\Delta P_{po}^{\text{макс}} K_p}{10^5}}}; \quad (5.106)$$

- для потоку "газ - тверде"

$$K_{v \text{ макс}} = \frac{3600 V_{\text{макс}} K_{\text{ТВ}}}{0,14 \cdot P_1 \cdot K_p \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_r \sqrt{\frac{\Delta P_{po}^{\text{макс}}}{10^5}}}; \quad (5.107)$$

де $K_{\text{ТВ}}$ - коефіцієнт, що визначається з рис. 5.17; K_p - коефіцієнт, що враховує відносну густина середовища ρ_0 (відношення густини регульованого середовища при T_1 і P_1 до густини води для середовища "рідина - тверде" чи для середовища "газ - тверде" при нормальних умовах) і визначається за табл. 5.12; $K_T = 293/T_1$ - температурний коефіцієнт; K_c - коефіцієнт, що враховує умови розширення газу і визначається за табл. 5.13; K_r - коефіцієнт тиску, що знаходиться з табл. 5.14.

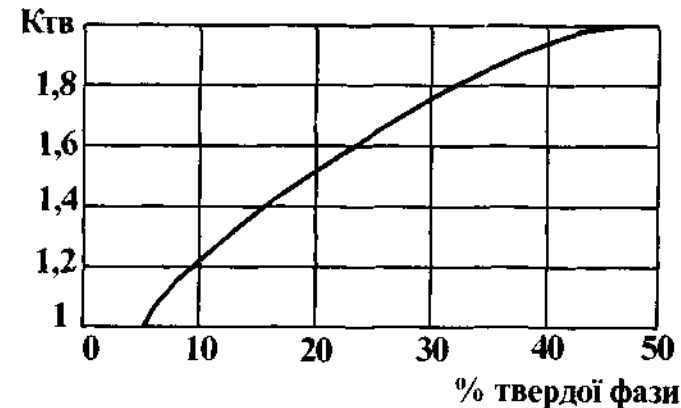


Рис. 5.18. Залежність коефіцієнта $K_{\text{ТВ}}$ від вмісту твердої фази.

За знайденим значенням $K_{v \text{ макс}}$ обчислюють умовну пропускну здатність K_{vy} , яка перевищує розрахункове значення на 20%, за формулою:

$$K_{vy} = 1,2 K_{v \text{ макс}}. \quad (5.108)$$

Таблиця 5.12. Залежність коефіцієнта K_p від ρ_0

ρ_0	K_p	ρ_0	K_p	ρ_0	K_p	ρ_0	K_p
0,069	3,801	0,15	2,581	0,45	1,489	0,75	1,155
0,070	3,779	0,20	2,240	0,50	1,414	0,80	1,117
0,080	3,535	0,25	2,000	0,55	1,350	0,85	1,081
0,090	3,333	0,30	1,825	0,60	1,290	0,90	1,055
0,100	3,126	0,35	1,688	0,65	1,240	0,95	1,025
0,138	2,691	0,40	1,580	0,70	1,195	1,0	1,000
1,05	0,972	1,40	0,845	2,25	0,664	4,50	0,472
1,10	0,953	1,50	0,817	2,50	0,633	5,00	0,447
1,20	0,923	1,75	0,756	3,00	0,577	-	-
1,30	0,877	2,00	0,707	4,00	0,500	-	-

Таблиця 5.13. Залежність коефіцієнта K_c від відношення C_p/C_v

C_p/C_v	1,001	1,02	1,04	1,08	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8
K_c	1,000	1,005	1,016	1,029	1,038	1,07	1,13	1,182	1,203

Таблиця 5.14. Залежність коефіцієнта K_p від перепаду тиску ΔP_{po}^{\max} на РО.

$\Delta P_{po}, \% \text{ від } P_1$	50	30	25	20	15	10	5	2
K_p	1,0	0,94	0,9	0,84	0,76	0,65	0,45	0,25

Користуючись табл.5.15, беруть найближче більше значення K_{vy} , вибирають характеристику РО і визначають діаметр умовного проходу D_y .

Після вибору РО перевіряють вплив в'язкості рідини на пропускну здатність, тому що збільшення в'язкості середовища, що проходить через РО, вище деякої межі може спричинити зменшення пропускну здатності. Поправочний коефіцієнт на вплив в'язкості залежить від виду РО і числа Re потоку через РО. Число Re , що віднесене до обраного проходу РО, знаходять за формулою (5.95). Якщо $Re > 2000$, то обирають РО з раніше визначеною пропускну здатністю K_{vy} з наступною перевіркою на можливість виникнення кавітації. Якщо $Re < 2000$, то визначають поправочний коефіцієнт ϵ на вплив в'язкості рідини з рис. 5.19.

Значення пропускну здатності K_{vy1} з урахуванням в'язкості рідини знаходять за формулою

$$K_{vy1} = 1,2 \epsilon K_{v \max} \quad (5.109)$$

Якщо для попередньо обраного РО $K_{vy1} \leq K_{vy}$, вибір вважають закінченим.

Таблиця 5.15. Умовна пропускну здатність регулювальних органів залежно від типу регулювального органа і його умовного тиску, МПа.

Діаметр умовного проходу, мм	Умовна пропускну здатність, м ³ /год							
	Односідельні			Двосідельні				
	1,6	4,0	6,4	1,6	4,0	6,4	10,0	16,0
15	3,2	3,2	3,2	4	4	4	4	4
20	5	5	5	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
25	8	8	8	10	10	10	10	10
40	20	20	20	25	25	25	25	25
50	32	32	32	40	40	40	40	40
65	50	50	50	63	63	63	63	63
80	80	80	80	100	100	100	100	100
100	125	125	125	160	160	160	160	160
125	200	200	200	250	250	250	250	250
150	320	320	320	400	400	400	400	400
200	500	500	500	630	630	630	630	630
250	-	-	-	1000	1000	1000	1000	1000
300	-	-	-	1600	1600	1600	1600	1600

Продовження табл.5.15

Діаметр умовного проходу, мм	Умовна пропускну здатність, м ³ /год							
	Триходові			Шлангові				
	1,6	4,0	6,4	0,1	0,25	0,4	0,6	1,0
15	3,2	3,2	3,2	12	12	12	12	12
20	5	5	5	20	20	20	20	20
25	8	8	8	32	32	32	32	32
40	20	20	20	80	80	80	80	80
50	32	32	32	125	125	125	125	125
65	50	50	50	200	200	200	200	200
80	80	80	80	320	320	320	-	-
100	125	125	125	600	600	600	-	-
125	200	200	200	800	800	800	-	-
150	400	400	400	1250	1250	1250	-	-
200	600	600	600	2000	2000	-	-	-
250	-	-	-	3200	3200	-	-	-
300	-	-	-	5000	5000	-	-	-

Діаметр умовного проходу, мм	Умовна пропускна здатність, м³/год									
	Діафрагмові					Заслінкові				
	0,25	0,4	0,6	1,0	1,6	0,6	0,6	1,6	2,5	4,0
15	3	3	3	3	3	-	-	-	-	-
20	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-
25	8	8	8	8	8	-	-	-	-	-
40	20	20	20	20	20	-	-	-	-	-
50	32	32	32	32	32	60	60	60	60	60
65	5	5	5	5	5	100	100	100	100	100
80	80	80	80	80	80	160	160	160	160	160
100	125	125	125	125	125	250	250	250	250	250
125	200	200	200	-	-	400	400	400	400	400
150	320	320	320	-	-	600	600	600	600	600
200	500	500	500	-	-	1000	1000	1000	1000	1000
250	-	-	-	-	-	1600	1600	1600	1600	1600
300	-	-	-	-	-	2500	2500	2500	2500	2500
400	-	-	-	-	-	4000	4000	4000	4000	4000
500	-	-	-	-	-	600	6000	6000	6000	6000
600	-	-	-	-	-	1 · 10 ⁴	1 · 10 ⁴	-	-	-
700	-	-	-	-	-	12,5x 10 ³	12,5x 10 ³	-	-	-
800	-	-	-	-	-	16 · 10 ³	-	-	-	-
900	-	-	-	-	-	2 · 10 ⁴	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	2,5x 10 ⁴	-	-	-	-

При $K_{vy1} > K_{vy}$ наново обирають РО із значенням K_{vy} , найближчим більшим K_{vy1} , і знову визначають Re_y , ξ і K_{vy1} з перевіркою зазначених умов. При перевірці можливості виникнення кавітації визначають коефіцієнт кавітації $K_{кав}$ і перепад тиску $\Delta P_{кав}$, при якому виникає кавітація, за формулами

$$\xi_y = 25,4 F_y^2 / K_{vy}^2 \quad (5.110)$$

$$\Delta P_{кав} = K_{кав} (P_1 - P_n), \quad (5.111)$$

де $F_y = 0,785 D_y^2$ - площа перерізу вхідного патрубку РО, см²; P_1 - абсолютний тиск перед РО, Н/м²; P_n - абсолютний тиск насичених парів рідини при температурі T_1 , Н/м².

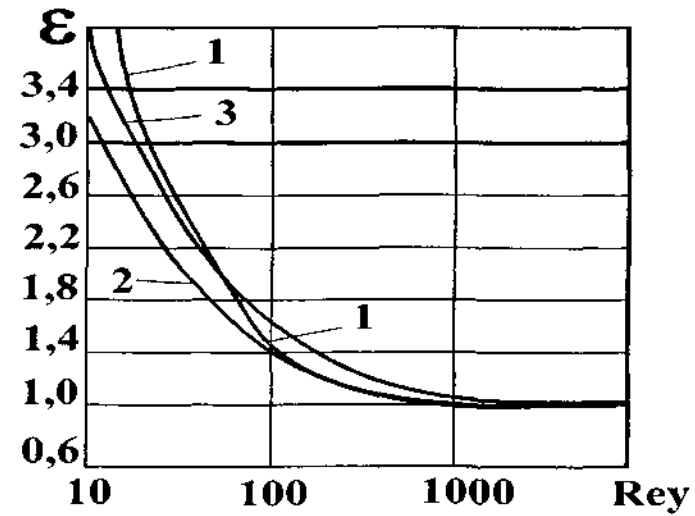


Рис. 5.19. Поправочний коефіцієнт ξ для умови повного відкриття РО: 1 – двосідельний клапан; 2 – односідельний клапан; 3 – заслінка з кутом повороту $\alpha_y=60^\circ$

Коефіцієнт $K_{кав}$ визначають з рис. 5.20.

Перевіряється умова

$$\Delta P_{po} \leq \Delta P_{кав} \quad (5.112)$$

Якщо вона виконується, то обирають РО з раніш знайденою умовною пропускною здатністю K_{vy} . Якщо умова не виконується ($\Delta P_{po} > \Delta P_{кав}$), то обирають РО з найближчим більшим K_{vy} , для якого знову визначають ξ_y , $K_{кав макс}$ з рис. 5.20 /крива 3/ і максимальний перепад тиску $\Delta P_{кав макс}$, при якому припиняється приріст витрати, за формулою

$$\Delta P_{кав макс} = K_{кав макс} (P_1 - P_n) \quad (5.113)$$

За отриманим значенням $\Delta P_{кав макс}$ знаходять пропускну здатність $K_{vy кав}$ за допомогою рівнянь (5.97) і (5.98), а потім перевіряють умову для заново обраного K_{vy} :

$$1,2 K_{vy кав} \leq K_{vy} \quad (5.114)$$

Якщо умова (5.114) виконується, то заново обраний РО забезпечить задану максимальну витрату в умовах кавітації і вибір РО за пропускною

здатністю вважається закінченим. Якщо не виконується, беруть інший РО з іще більшим значення K_{vy} і розрахунки за формулами (5.110)-(5.114) повторюють.

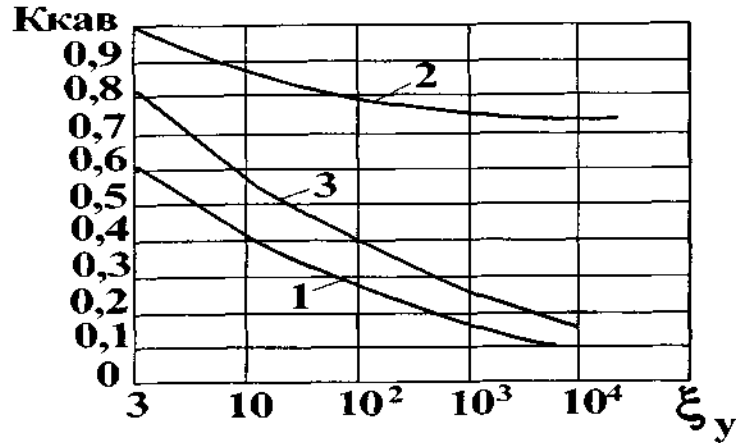


Рис. 5.20. Залежність коефіцієнта кавітації $K_{\text{кав}}$ і $K_{\text{кав макс}}$ від ξ_y : 1 - $K_{\text{кав}}$ для одно- і двосідельних РО при подачі середовища на затвор; 2 - $K_{\text{кав}}$ і $K_{\text{кав макс}}$ для одно- і двосідельних РО при подачі середовища під затвор; 3 - $K_{\text{кав макс}}$ для одно- і двосідельних РО при подачі середовища на затвор.

Діапазон переміщення РО з урахуванням поправки на в'язкість для рідини визначають у такій послідовності.

Знаходять відношення n при максимальній витраті за рівнянням

$$n = \Delta P_{\Pi} / \Delta P_{\text{ро макс}} \quad (5.115)$$

Якщо $K_{vy} > K_{v \text{ макс}}$, то уточнюють значення n за формулою

$$n' = n [K_{vy} / (\epsilon K_{v \text{ макс}})]^2 \quad (5.116)$$

Уточнюють перепад тиску на РО за рівнянням

$$\Delta P_{\text{роу}} = \Delta P_c / (n' + 1) \quad (5.117)$$

За значенням $\Delta P_{\text{роу}}$ і прийнятими значеннями K_{vy} знаходять уточнене значення максимальної витрати через РО $V'_{\text{макс}}$ ($M'_{\text{макс}}$) за рівнянням

$$V'_{\text{макс}} = K_{vy} / (36 \cdot 10^3 \epsilon \sqrt{\rho / \Delta P_{\text{роу}}}) \quad (5.118)$$

$$M'_{\text{макс}} = K_{vy} \sqrt{\rho / \Delta P_{\text{роу}}} / 36 \cdot 10^3 \epsilon \quad (5.119)$$

Для газів, пари та рідини без урахування поправки на в'язкість значення $V'_{\text{макс}}$ ($M'_{\text{макс}}$) знаходять за формулами:

$$V'_{\text{макс}} = V_{\text{макс}} K_{vy} / K_{v \text{ макс}} \quad (5.120)$$

$$M'_{\text{макс}} = M_{\text{макс}} K_{vy} / K_{v \text{ макс}} \quad (5.121)$$

Визначають відносні значення витрат $\phi_{\text{макс}}$ і $\phi_{\text{мін}}$ за формулами

$$\phi_{\text{макс}} = V_{\text{макс}} / V'_{\text{макс}} \quad (5.122)$$

$$\phi_{\text{мін}} = V_{\text{мін}} / V'_{\text{мін}} \quad (5.123)$$

Обирають форму пропускної характеристики на підставі наведених рекомендацій і знаходять діапазон $\Delta S(\Delta \alpha)$ переміщень (зміни кута повороту) РО для n' за рис. 5.21 – 5.25

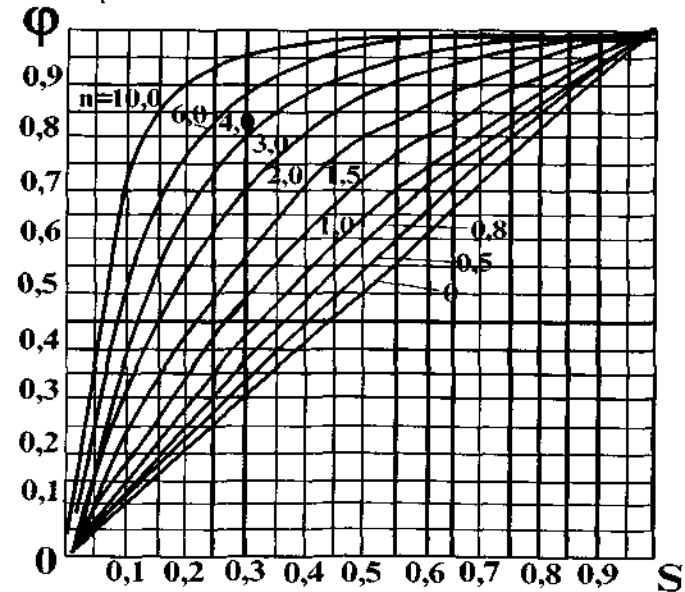


Рис. 5.21. Витратні характеристики РО з лінійною пропускною характеристикою.

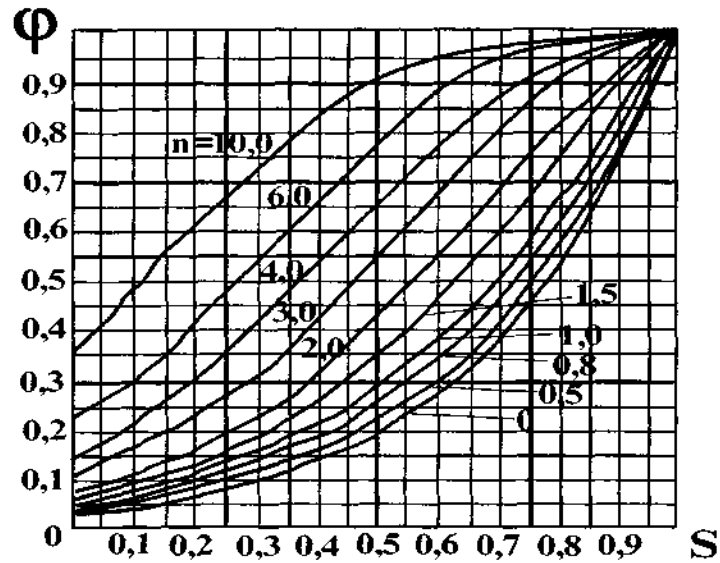


Рис. 5.22. Витратні характеристики РО з рівновідсотковою пропускною характеристикою.

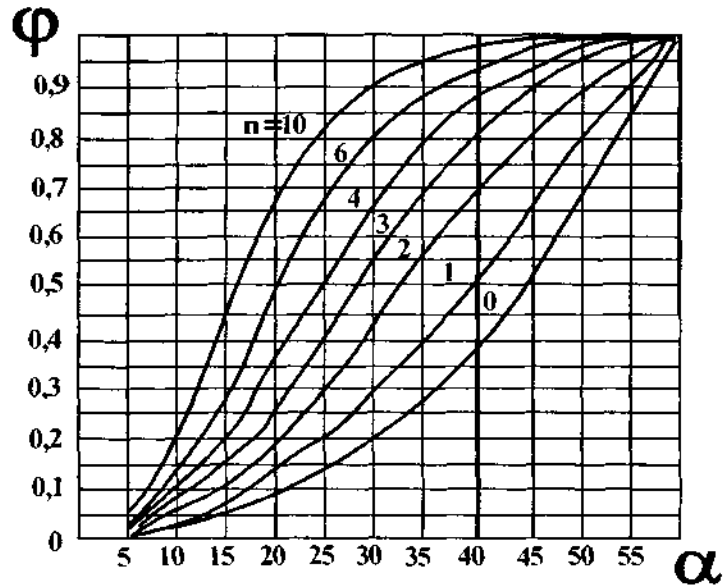


Рис. 5.23. Витратна характеристика заслінкового РО від кута повороту α .

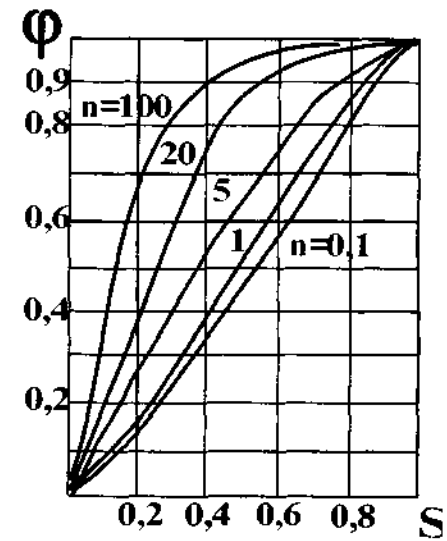


Рис. 5.24. Витратна характеристика шлангового РО.

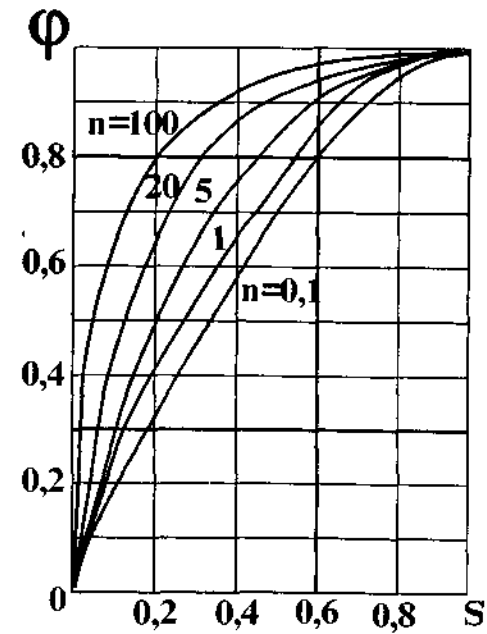


Рис. 5.25. Витратна характеристика діафрагмового РО.

Коефіцієнти передачі для максимального $(d\phi/dS)_{\text{Макс}}$ і мінімального $(d\phi/dS)_{\text{Мін}}$ навантажень РО визначають з рис. 5.26-5.28.

На рис. 5.26-5.28 лінії I, II, III позначають залежність відносної витрати ϕ від коефіцієнта передачі $d\phi/dS$ при $n = 0$ для ІУ з лінійною /I/ і рівновідсотковою /II/ пропускними характеристиками та для заслінкових ІУ /лінія III/.

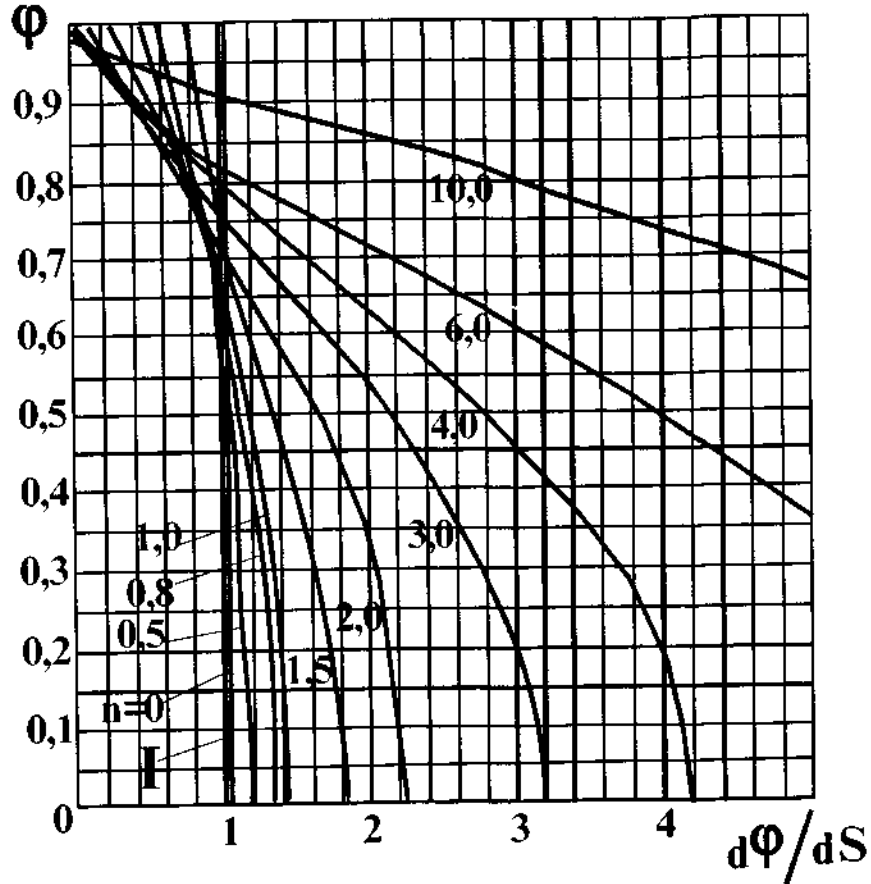


Рис. 5.26. Значення коефіцієнта передачі РО з лінійною пропускною характеристикою.

Розрахунок перестановочного зусилля виконавчих механізмів передбачає застосування даних, отриманих при виборі регулювального

органа. Загальна формула визначення перестановочного зусилля $N_{\text{пс}}$, для переміщення РО має вигляд:

$$N_{\text{пс}} = n(N_c + N_d + N_w + N_{\text{тр}}), \quad (5.124)$$

де $n = 1, 2, \dots, 3$ – коефіцієнт запасу, що враховує масу рухомих деталей; N_c , N_d , N_w і $N_{\text{тр}}$ – відповідно зусилля статичної і динамічної нерівноваженості, тиску середовища на шток і сила тертя в сальнику і напрямних, Н.

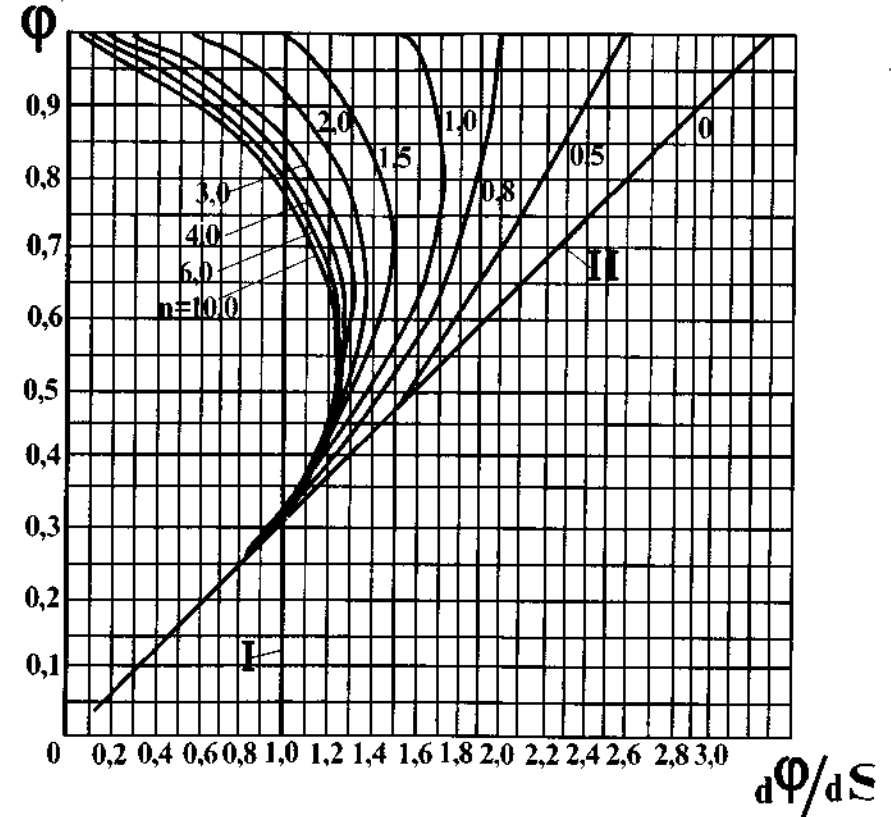


Рис. 5.27. Значення коефіцієнта передачі РО з рівновідсотковою пропускною характеристикою.

Зусилля N_c визначають за такими рівняннями: для двосідельних РО

$$N_c = \Delta P_{\text{ро}}^{\text{макс}} \Delta F_c \quad (5.125)$$

для односідельних РО

$$N_c = \Delta P_{po}^{\max} \Delta F_3 \quad (5.126)$$

де ΔP_{po}^{\max} - перепад тиску на РО, Н/м²; ΔF_3 - різниця площ верхнього і нижнього сідел, значення якої наведено в табл. 5.16;

$\Delta F_3 = 0,785 (D_3^2 - d_{ш}^2)$ - неврівноважена площа затвору (D_3 - зовнішній діаметр затвору, $d_{ш}$ - діаметр штока), м².

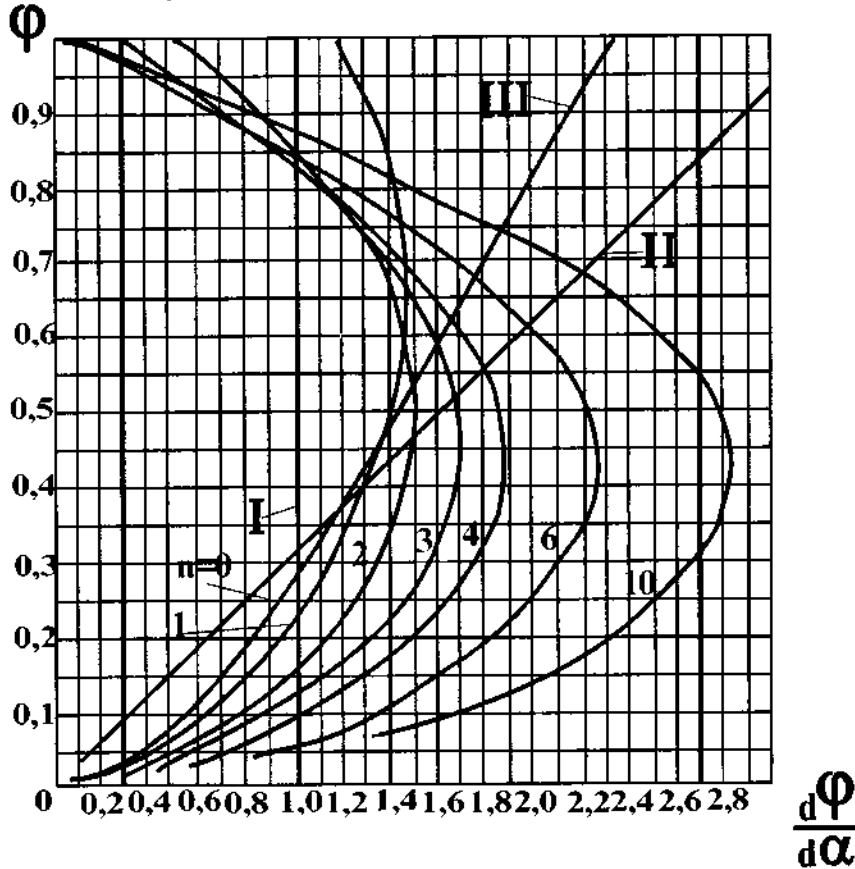


Рис. 5.28. Значення коефіцієнта передачі заслінкового РО

Таблиця 5.16. Функціональна залежність ΔF_c і $d_{ш}$ від діаметра умовного проходу для двосідельних РО.

Умовний прохід	15	32	65	100	200
D_y , мм	20	40	80	125	250
Різниця площ ΔF_c , см ²	0,7	1,2	2,0	5,0	20,0
Діаметр штока	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
$d_{ш}$, мм					

У розрахунках можна приблизно взяти D_3 однаковим з діаметром сідла D_c . При цьому значення $D_c = D_y$ знаходять з табл. 5.15 для РО. Значення S_y умовного ходу для тарілчастого затвора визначають із рівняння

$$S_y = (0,3 \dots 0,4) D_c \quad (5.127)$$

Для тарілчастого (пробкового і поршневого) затвора з конічною опорною поверхнею S_y знаходять із виразів

$$l = 1,42 \left[\frac{2S_y}{D_c} + \left\langle \frac{S_y}{D_c} \right\rangle^2 \right]; \quad (5.128)$$

$$l = 1,5 \left[\frac{2,3S_y}{D_c} + \left\langle \frac{S_y}{D_c} \right\rangle^2 \right]; \quad (5.129)$$

Рівняння (5.128) і (5.129) справджуються при конусності кутів відповідно $\delta = 90^\circ$ і 120° .

Для конічного затвора з конусністю кутів відповідно $120, 90, 60$ і 30° S_y визначають з наступних рівнянь:

$$l = 1,5 \left[\frac{2,3S_y}{D_c} + \left\langle \frac{S_y}{D_c} \right\rangle^2 \right]; \quad (5.130)$$

$$l = 1,42 \left[\frac{2S_y}{D_c} + \left(\frac{S_y}{D_c} \right)^2 \right]; \quad (5.131)$$

$$l = 0,867 \left[\frac{2,3S_y}{D_c} + \left(\frac{S_y}{D_c} \right)^2 \right]; \quad (5.132)$$

$$l = 0,26 \left[\frac{2,3S_y}{D_c} + \left(\frac{S_y}{D_c} \right)^2 \right]; \quad (5.133)$$

Величину S_y , отриману з виразів (5.128) - (5.133), округлюють до найближчої більшої величини зі стандартного ряду: 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 200; 400мм.

Зусилля N_d відповідно для односідельних тарілчастого (поршневого), тарілчастого з конічною опорною поверхнею, конічного і пробкового (профільованого) затворів знаходять із рівнянь:

$$N_d = F_c \frac{\omega_{cp}^2}{2} \rho \left[2,5 + \left(\frac{D_c}{2,45 S_y} \right)^2 \right]; \quad (5.134)$$

$$N_d = F_c \frac{\omega_{cp}^2}{2} \rho \left[1,05 + \left(\frac{D_c}{3,65 S_y} \right)^2 \right]; \quad (5.135)$$

$$N_d = F_c \frac{\omega_{cp}^2}{2} \rho \left[0,38 + \left(\frac{D_c}{2,72 S_y} \right)^2 \right]; \quad (5.136)$$

$$N_d = F_c \frac{\omega_{cp}^2}{2} \rho \left[0,96 + \left(\frac{D_c}{4,6 S_y} \right)^2 \right]; \quad (5.137)$$

де F_c - площа проходу сідла, м²; ω_{cp} - середня швидкість потоку середовища через РО, м/с; ρ - густина середовища, кг/м³.

Для двосідельних РО зусилля N_d і $N_{тр}$ важко враховувати. Тому значення перестановочного зусилля, що визначається також сумою сил N_c і $N_{ш}$, вибирають з деяким запасом, звичайно з коефіцієнтом запасу 1,5.

Зусилля від тиску на шток

$$N_{ш} = 0,785 d_{ш}^2 P_2, \quad (5.138)$$

де P_2 - максимальний вихідний тиск за клапаном, Н/м².

Перестановочний момент $M_{пс}$ (Н·м), необхідний для обертання затвора заслінкового РО з урахування сил тертя, визначають за формулою

$$M_{пс} = 2 m D_d^3 \Delta P_{ро}, \quad (5.139)$$

де D_d - діаметр диску заслінки, м; $\Delta P_{ро}$ - перепад тиску на диску, Н/м²; m - коефіцієнт, що залежить від кута повороту диску α і який визначають за графіком (рис. 5.29). Діаметр D_d і товщину δ круглої поворотної заслінки з упорами визначають за формулами

$$D_d = 0,95 D_y, \quad \delta = 0,02 D_y. \quad (5.140)$$

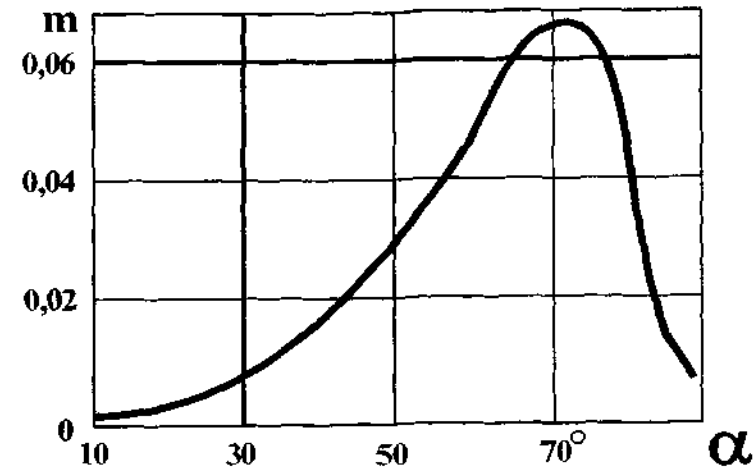


Рис. 5.29. Залежність коефіцієнта m від кута повороту заслінки α

Найбільше зусилля для переміщення шиберів у положення мінімального відкриття знаходять за рівнянням

$$N_{пс}^{ш} = 1,5 (K \Delta P_{ро} F + G), \quad (5.141)$$

де F – площа рухомої частини шибера, на яку діє перепад тиску, m^2 ;
 G – вага рухомої частини, H ; K – коефіцієнт тертя (для чавуна по чавуну – 0,15; для чавуна по сталі – 0,18; для сталі по чавуну – 0,14); ΔP_{po} – перепад тиску на шибери, H/m^2 .

Вибір виконавчих механізмів згідно з розрахунковим значенням перестановочного зусилля чи моменту здійснюється за табл. 5.17 – 5.22. При цьому перерахунок перестановочного моменту $M_{пу}$, що утворюється ІМ, у перестановочне зусилля $N_{пу}$ можна виконати за формулою

Таблиця 5.17. Характеристики прямохідних електродвигунних ІМ типу МЭП

Перестановочне зусилля $N_{пу}$, Н	Час робочого ходу штока T_c , с	Робочий хід вихідного елемента, мм	Розгін (не більше)	Вибіг (не більше)	Люфт (не більше), мм
63; 160; 400	16; 40; 100	10; 40	1%повного ходу штока при $T_c=16c$;	1%повного ходу штока при $T_c=16c$;	0,2
1000; 2500	16; 40; 100; 250	25; 100	0,5% повного ходу при $T_c>16c$	0,5% повного ходу при $T_c>16c$	0,5
6300; 16000	40; 100; 250	63; 250			

Таблиця 5.18. Характеристики багатооборотних електродвигунних ІМ типу МЭП

Перестановочний момент МПУ, Н·м	Час одного оберту вала T_c , с	Робочий хід вихідного елемента, мм	Розгін (не більше)	Вибіг (не більше)	Люфт (не більше), град
6,3	1; 2,5	10; 25; 63 мм (за 160 оборотів)	50° при $T_c=1c$; 20 при $T_c>1c$	50 пр $T_c=1c$; 20 при $T_c>1c$	3
16	1; 2,5; 6,3				
40; 10	1; 2,5; 6,3; 16				
250	2,5; 6,3; 16				
630	6,3; 16				
1600	16				

$$N_{пу} = M_{пу} \cdot g, \quad (5.142)$$

де g – радіус важеля ІМ, м.

Таблиця 5.19. Характеристика однооборотних електродвигунних ІМ типу МЭО

Перестановочний момент $M_{пу}$, Н·м	Час одного оберту T_c , с	Кут повороту вихідного елемента, град	Розгін (не більше)	Вибіг (не більше)	Люфт (не більше), град
6,3	40; 100	0-90	1° при $T_c=40c$;	1° при $T_c=40c$;	1
16; 40	40; 100; 250				
100; 250; 630; 1000	40; 100; 250; 630	0-240	30' при $T_c > 40c$;	30' при $T_c > 40c$;	
4000	100; 250; 630				
10000	250; 630				

Розрахунок площі відкритого перерізу та профілю затвора регулювальних органів здійснюється у відповідності з отриманою формою пропускної характеристики РО. Найчастіше в РО при регулюванні застосовуються пробкові й поршневі затвори, що мають два типи профілю – стрижневий і порожнистий. Вихідними даними для розрахунку профілю затвора є: залежність коефіцієнта опору РО від ступеня відкриття $\xi_{po}=f(l)$; умовний хід штока (затвора) S_y ; діаметр сідла D_c .

Коефіцієнт опору РО залежно від ступеня його відкриття $l=S/S_y$ знаходять за рівнянням

$$\xi = \xi_{po}^{макс} \left(\frac{l}{l}\right)^2, \quad (5.143)$$

де $l=0 \dots 1$

Коефіцієнт $\xi_{po}^{макс}$ визначається за експериментальними характеристиками чи приблизно з умови

$$\xi_K \leq 0.9 \xi_{po}^{макс}, \quad (5.144)$$

яка визначає нормальну роботу РО. Коефіцієнт ξ_K опору корпусу для одно- і двосідельних плунжерних РО орієнтовно можна вибрати з табл. 5.23.

Встановлюють масштаб, у якому буде побудований профіль затвора РО (звичайно 10:1), і проводять вісь затвора, по один бік якої проводять паралельну лінію на відстані $D_c/2$ у обраному масштабі. На цій лінії вибирають відрізок, що дорівнює S_y . Цей відрізок далі розбивають на рівні частини (звичайно 10), що відповідають ступеню відкриття l РО.

Таблиця 5.20. Перестановочне зусилля $N_{пу}$, яке розвивають мембранні ІМ типу МІМ, КН

Тип	Елемент механізму, що розвиває зусилля		Діаметр забиття мембрани D_m , мм					
			160	200	250	320	400	500
1	2		3	4	5	6	7	8
МІМ прямої і зворотної дії	Вихідна ланка	На початку ходу	3,5	5,6	9,0	14	22,5	35,5
		У кінці ходу	2,4	3,75	6,0	9,5	15,0	23,5
	Пружина	Попередньо стиснута	0,32	0,5	0,8	1,25	2,0	3,15
		Стиснута на величину робочого ходу	1,6	2,5	4,0	6,3	10,0	16,0
МІМ прямої дії	Вихідна ланка	На початку ходу	3,75	6,0	9,5	15	23,5	37,5
		У кінці ходу	3,35	5,3	8,5	13,2	21,2	33,5
	Пружина	Попередньо стиснута	0,2	0,32	0,5	0,8	1,25	2,0
		Стиснута на величину робочого ходу	0,6	0,95	1,5	2,4	3,75	6,0
МІМ зворотної дії	Вихідна ланка	На початку ходу	2,0	3,15	5,0	8,0	12,5	20,5
		У кінці ходу	0,8	1,25	2,0	3,15	5,0	8,0
	Пружина	Попередньо стиснута	2,0	3,0	4,5	7,5	11,8	18
		Стиснута на величину робочого ходу	4,0	5,0	8,0	12,5	20	31,5

Для кожного з перерізів l будують криву Y твірних, яка задається рівнянням

$$Y^2 = \left(\frac{f_{po}}{\pi} \right) \frac{l}{(D_c - x)^2} - x^2, \quad (5.145)$$

де f_{po} – площа відкритого перерізу для відповідного ступеня l відкриття РО, mm^2 ; x – відстань від лінії $D_c/2$ до твірної профілю, мм.

Значення f_{po} визначають з рівняння

$$f_{po} = m_p F_{po}, \quad (5.146)$$

де $m_p=0...1$ – відносний прохідний переріз РО; $F_{po} = \frac{\pi D_y^2}{4}$ – площа перерізу на вході у РО.

Таблиця 5.21. Характеристика поршневих прямоходних пневмоциліндрів.

Параметр	Діаметр поршня D_p , мм				
	50	100	125	160	200
Статичне зусилля на штоку при максимальному тиску $N_{пс}$, Н (не менше):					
Штовхаюче	1590	6750	10600	18100	28400
Тягове	1390	6350	9900	17000	27200
Швидкість переміщення штока, м/с (не більше)	1				0,5
Тиск початку руху без навантаження, МПа (не більше)	0,025		0,02		

Таблиця 5.22. Характеристика поршневих поворотних пневмодвигунів типу ПДП

Модифікація	Престановочний момент при номінальному тиску $M_{пс}$, Н·м	Мінімальний тиск, МПа	Кут повороту вала двигуна, град
ПДП.1 – 10.040.180	10	1	180
ПДП.2 – 80.063.180	80		

Таблиця 5.23. Залежність коефіцієнта ξ_k від діаметра D_u умовного проходу РО

D_u , мм	25	50	80	100	150 і більше
ξ_k	2,4	2,9	4,3	4,9	5,5

Значення m_p знаходять за формулою

$$m_p = \frac{1}{\alpha_k \sqrt{\xi_0 + 1}}, \quad (5.147)$$

де α_k – коефіцієнт витрати відкритого перерізу РО; $\xi_0 = \xi_{po} - \xi_k$ – коефіцієнт опору відкритого перерізу РО.

Оскільки m_p і α_k взаємозалежні, розрахунок m_p виконують методом послідовних наближень. Початково задають величину m_3 і за графіком з рис. 5.30 знаходять значення α_k . Знайдене значення α_k підставляють у формулу (5.147) і обчислюють m_p . Якщо задане m_3 збіглося з розрахованим m_p , то розрахунок припиняють, а якщо ні – задаються іншим значенням m_3 і розрахунок повторюють до забезпечення збіжності.

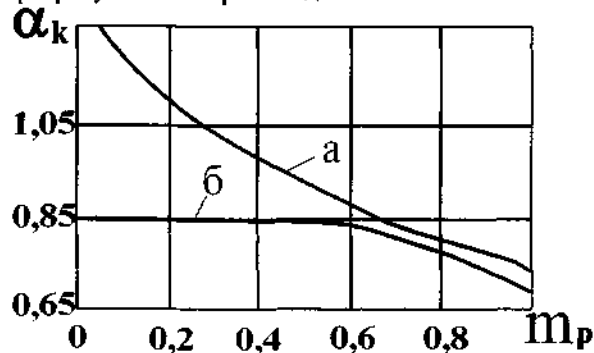


Рис. 5.30. Залежність α_k для РО з профільованим затвором від m_p : а - для двосідельних; б - для односідельних.

Для двосідельних РО площа відкритого перерізу

$$f_{po} = \frac{m_p F_{po}}{2}, \quad (5.148)$$

Перевіряють співвідношення:

$$u = \frac{Y_0}{X_0} \geq 0,9, \quad (5.149)$$

де Y_0 – ордината при $X=0$, що визначається з рівняння (5.145); X_0 – абсциса при $Y=0$.

Якщо умова (5.149) виконується, то крива з достатньою точністю замінюється колом, радіус якого

$$r = \frac{(X_0 + Y_0)}{2} \quad (5.150)$$

Проведена обвідна побудованих кривих (X, Y) і буде профілем плунжера.

У порожнистих плунжерах витрата регулюється зміною площини вікон плунжера для проходження потоку. Розрахунок площі вікна зводиться до визначення його ширини L залежно від ступеня відкриття l . Ширина вікна в перерізі, що розглядається, мм:

$$L_k = \frac{2(f_{po,k} - f_{po,k-1})}{ab} \cdot L_{k-1}, \quad (5.151)$$

де $f_{po,k}$ – площа відкритої частини вікна в перерізі, що розглядається, мм^2 ; $f_{po,k-1}$ – площа відкритої частини вікна в попередньому перерізі, мм^2 ; a – відстань між перерізами, мм; b – кількість вікон на плунжері; L_{k-1} – ширина вікна в попередньому перерізі, мм.

За отриманими точками викреслюють криву, яка являтиме собою профіль вікна.

Вибір і розрахунок зчленувань виконавчих механізмів і регулювальних органів передбачає визначення типу і конструкції РО та ИМ, взаємне їх розміщення, характер переміщення РО, конкретні умови об'єкта регулювання.

Розрізняють найчастіше два типи зчленування: безпосереднє та жорстке. У схемах безпосереднього зчленування переміщення вихідного пристрою ИМ і рухомої частини РО однакові, а швидкості рівні. Такий вид зчленування частіше застосовують при компонуванні РО з багатооборотними (рідше одно оборотними) електродвигунними, пневматичними і гідравлічними ИМ. При цьому забезпечується лінійність зв'язку ИМ з РО та коефіцієнт передачі $K_c=1$.

Найбільшого поширення набули зчленування другого типу, що забезпечують нелінійність зв'язку РО і ИМ. Ці зчленування дають змогу завдяки нелінійності зв'язку змінювати (виправляти) витратну характеристику РО, а також розширювати границі взаєморозміщення РО і ИМ. На рис. 5.31 показано дві схеми зчленування РО і ИМ.

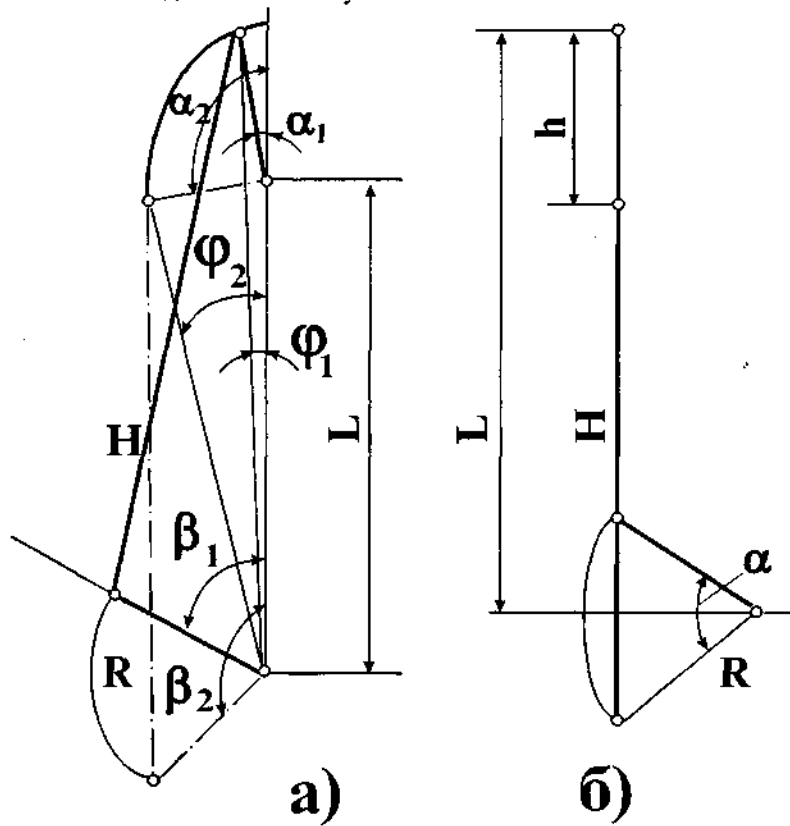


Рис. 5.31. Кінематична схема зчленування МИ і РО: а – при обертальному русі рухомої частини РО і вихідного пристрою ИМ; б – при обертальному русі рухомої частини РО і поступальному русі вихідного пристрою ИМ.

Розрахунок зчленування, зображеного на рис. 5.31а, зводиться до визначення довжини R важеля РО і довжини з'єднувальної тяги Н. Вихідними даними є: довжина r важеля ИМ, відстань L між осями РО і ИМ, по-

вний кут повороту $(\alpha_1 - \alpha_2)$ вала ИМ і повний кут повороту $(\beta_1 - \beta_2)$ вала РО. Довжина R і H визначаються за формулами

$$R = \frac{A^2 - B^2}{2 \left[A \cos(\beta_1 - \alpha_1) - B \cos(\beta_2 - \alpha_2) \right]}; \quad (5.152)$$

$$H = \sqrt{R^2 + A^2 - 2R \cos(\beta_1 - \alpha_1)}. \quad (5.153)$$

Величину A визначають з рівнянь

$$A = \sqrt{r^2 + L^2 + 2rL \cos \varphi_1}; \quad (5.154)$$

$$A = r \frac{\sin \varphi_1}{\sin \alpha_1}. \quad (5.155)$$

Величину B знаходять за формулами:

$$B = \sqrt{r^2 + L^2 + 2rL \cos \varphi_2}; \quad (5.156)$$

$$B = r \frac{\sin \varphi_2}{\sin \alpha_2}. \quad (5.157)$$

При $(\alpha_1 - \alpha_2) = (\beta_1 - \beta_2) = 90^\circ$ величина

$$R = r \frac{\sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{1,414} \quad (5.158)$$

Звичайно величина $\varphi_1 = 10^\circ$. Тоді рівняння (5.158) перетворюється до вигляду

$$R = 0,8197r \quad (5.159)$$

Цей вид механічного зв'язку широко застосовується для з'єднання регулювальних клапанів з електричними ИМ. На рис. 5.32 зображено найпоширеніші випадки такого механічного зв'язку.

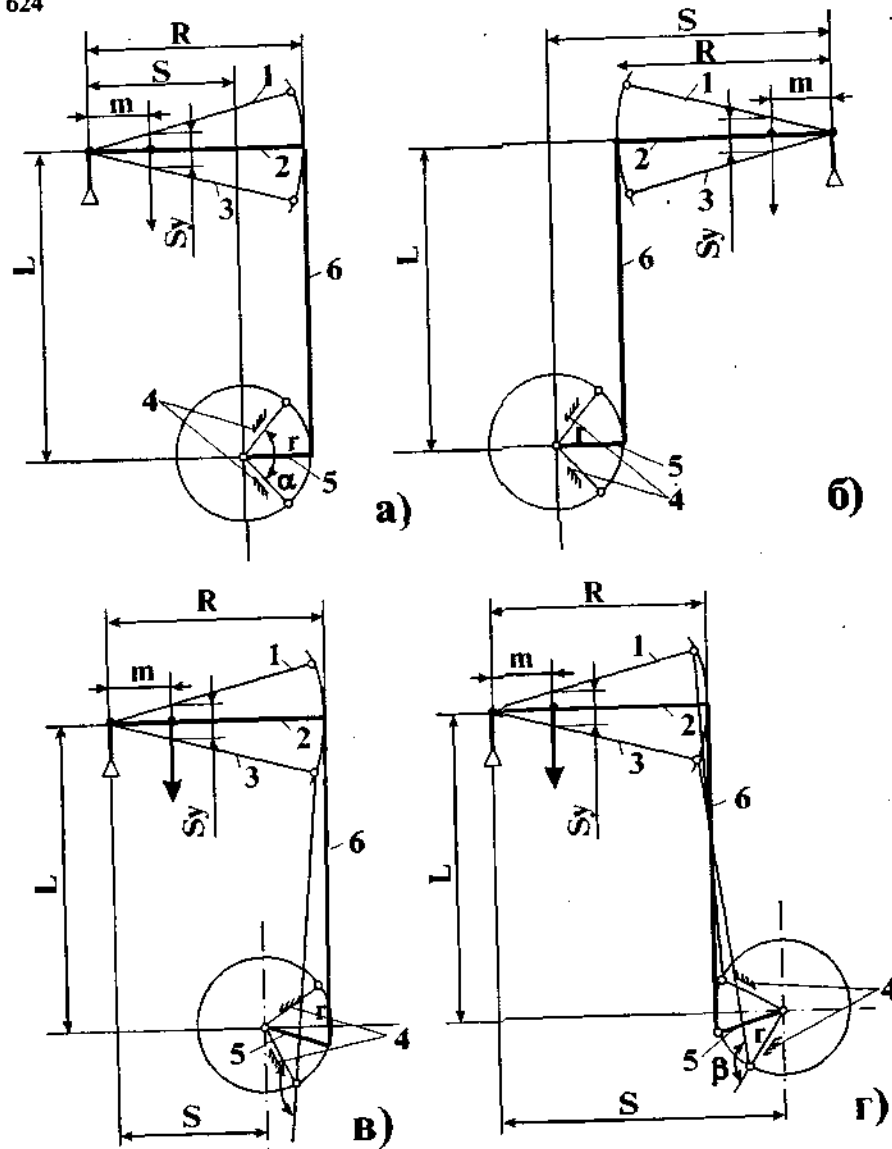


Рис. 5.32. Кінематичні схеми жорсткого зчленування РО з електродвигунними ИМ: 1 – положення важеля “відкрито”; 2 – середнє положення важеля; 3 – положення важеля “закрито”; 4 – механічні упори; 5 – кривошип ИМ; 6 – тяга.

Для цих схем кут повороту α кривошипа ИМ слід взяти 90° , довжина важеля РО

$$R = c \frac{mg}{S_y}, \quad (5.160)$$

де c – коефіцієнт, що залежить від витратної характеристики РО ($C=1,4$ – при лінійній і $C=1,2$ – при нелінійній); m – задана відстань між віссю обертання важеля РО і пальцем, що скріплює шток і важіль, мм; g – довжина кривошипа, мм; S_y – робочий хід РО, мм.

Для виконання зчленувань без лінеаризації характеристики РО важіль встановлюють у положення, при якому РО має $l=0,5$, тобто шток піднятий на $0,5S_y$. У цьому разі важіль перпендикулярний до штока. Далі ИМ встановлюють так, щоб коло радіусом r , описане кінцем кривошипа, торкалося перпендикулярно до кінця важеля в положенні РО $l=0,5$. Кривошип встановлюють паралельно важелю, і у цьому положенні їх з'єднують тягою. Залежно від розміщення обладнання (РО і ИМ) зчленування можна виконати як пряме (рис.5.32а), так і зворотне (рис. 5.32б). Відстань S між осями обертання важеля і кривошипа відповідно для прямого і зворотного зчленувань визначається за формулами:

$$S = R - r; \quad (5.161)$$

$$S = R + r. \quad (5.162)$$

Відстань L між осями обертання звичайно беруть у діапазоні $(3...5)r$.

Для РО з нелінійною характеристикою з метою її лінеаризації ИМ встановлюють так, щоб для прямого (рис.5.32в) і зворотного (рис.5.32г) зчленувань виконувались відповідно співвідношення:

$$S = R - 0,6r; \quad (5.163)$$

$$S = R + 0,6r. \quad (5.164)$$

Потім важіль встановлюють у положення $l=1$ (закрито), а кривошип – у таке положення, щоб кут $\beta=160...170^\circ$. У цьому положенні кривошип і важіль з'єднують тягою. При з'єднуванні ИМ з РО за схемою, що зображена на рис. 5.31б, вихідними даними для розрахунку є: хід h вихідного пристрою ИМ, відстань L від кінця вихідного пристрою ИМ у початковому положенні до осі РО, повний кут повороту α вала РО. За результатом

розрахунку встановлюють довжину R важеля PO і довжину H з'єднувальної тяги, що визначається за рівняннями

$$R = \frac{h}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (5.165)$$

$$H = \sqrt{\left(L - \frac{h}{2}\right)^2 + \left(\frac{h}{4} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4}\right)^2}. \quad (5.166)$$

Перестановочне зусилля ИМ обчислюють за формулою

$$N_{\text{пу}} = 1,2 K_{\text{с}} N_{\text{с пс}} \quad (5.167)$$

Коефіцієнт передачі $K_{\text{с}}$ механічних зв'язків для зчленувань, зображених на рис. 5.31а і 5.32,

$$K_{\text{с}} = \frac{R}{r}; \quad (5.168)$$

$$K_{\text{с}} = \frac{m}{r}. \quad (5.169)$$

Приклади розрахунків і вибору виконавчих пристроїв автоматичних систем регулювання виконані у відповідності з вищенаведеним алгоритмом.

Розрахунок і вибір регулювального органа АСР тиску в деаераторі здійснено за таких вихідних даних: максимальна витрата пари $M_{\text{макс}}=10$ т/год; мінімальна витрата пари $M_{\text{мін}}=3$ т/год; тиск пари в магістралі $P_{\text{м}}=0,5$ МПа; тиск у деаераторі $P_{\text{д}}=0,12$ МПа; температура пари $T=483$ К; внутрішній діаметр паропроводу $D=250$ мм; динамічна в'язкість пари $\nu=1,68 \cdot 10^5$ Па·с; густина пари $\rho_{\text{п}}=2,25$ кг/м³; характеристика паропроводу (ϵ три повороти під кутом 90° з радіусом вигину $0,7$ м і дві запірні заслінки).

Схему паропроводу зображено на рис. 5.33.

Розрахунок виконують у такій послідовності.

Визначають швидкість потоку ω при $M_{\text{макс}}$ за формулою (5.92):

$$\omega = \frac{4 \times 10 \times 10^3}{2,25 \times 3,14 \times 0,25^2 \times 3600} = 25,16 \text{ м/с}$$

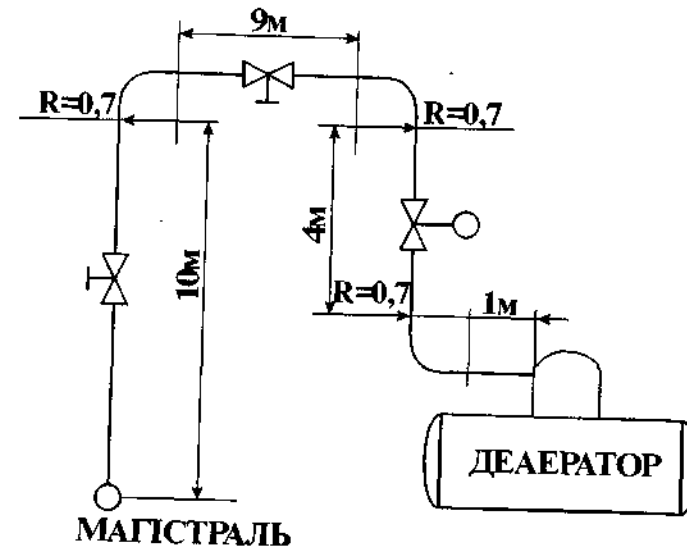


Рис. 5.33. Схема трубопроводної лінії при регулюванні тиску пари в деаераторі.

Знаходять число Рейнольдса з рівняння (5.95):

$$Re = \frac{25,16 \times 0,25 \times 2,25}{1,68 \times 10^{-5}} = 841500$$

За табл. 5.11 знаходять середню висоту виступів ($\epsilon=0,1$), а для $Re > 2320$ за формулою (5.93) визначають коефіцієнт λ :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{0,1}{3,7} + \left(\frac{6,81}{841500} \right)^{0,9} \right) = 3,136$$

$$\lambda = 0,564$$

Втрату тиску на прямих ділянках трубопроводу визначають з рівняння (5.90):

$$\Delta P_{\text{пр}} = \frac{0,546 \times 2,25 \times 28,29 \times 25,16^2}{2 \times 0,25} = 45451,3 \text{ Н/м}^2$$

де $L=10+9+4+1+(3 \cdot 0,7 \cdot 2\pi/4)=28,29$ м – підсумкова довжина трубопроводу.

Втрату тиску в місцевих опорах знаходять за формулою (5.91):

$$\Delta P_{\text{м}} = \frac{3,6 \times 2,25 \times 25,16^2}{2} = 2563,7 \text{ Н/м}^2$$

де $\sum \xi_i = 0,5 + 1 + 0,6 \cdot 3 + 0,15 \cdot 2 = 3,6$

Втрату тиску в лінії визначають з рівняння (5.89):

$$\Delta P_{\text{л}} = 2563,7 + 45451,3 = 48015 \text{ Н/м}^2$$

Перепад тиску РО знаходять за формулою (5.96):

$$\Delta P_{\text{ро}}^{\text{макс}} = 380000 - 48015 - 235,9 = 331749 \text{ Н/м}^2,$$

де

$$\Delta P_{\text{с}} = (0,5 - 0,12) \times 10^6 = 0,38 \times 10^6 \text{ Н/м}^2;$$

$$\Delta P_{\text{г}} = 2,25 \times 9,8 \times 10,7 = 235,9 \text{ Н/м}^2$$

З урахуванням умови $\Delta P_{\text{рс}} \geq 0,5 P_1$ коефіцієнт пропускної здатності обчислюють з рівняння (5.105):

$$K_{V_{\text{макс}}} = \frac{50,7 \times 10^3 \times 10 \times 10^3}{3600 \sqrt{2,25 \times 0,5 \times 10^6}} = 132,79 \text{ м}^3/\text{год}$$

де $\rho_{\text{ПІ}} = \rho_{\text{П}} = 2,25 \text{ кг/м}^3$; $P_1 \approx P_{\text{М}} = 0,5 \text{ МПа}$

Згідно з (5.108) умовна пропускна здатність:

$$K_{V_y} = 1,2 \times 132,79 = 159,35 \text{ м}^3/\text{год}$$

Згідно з табл. 5.9 витратна характеристика РО буде лінійною, а оскільки $p=(48015/331749)=0,14 < 1,5$, бажано, щоб пропускна характеристика РО також була лінійною. За табл. 5.15 вибирають двосідельний РО з $K_{V_y}=160 \text{ м}^3/\text{год}$ і $D_y=100$ мм типу 22ч32ж/НО/ з тарілчастим плунжером [1].

За формулою (5.121) визначають максимальну витрату для вибраного РО:

$$M'_{\text{макс}} = \frac{10^4 \times 160}{132,79} = 12049 \text{ кг/год}$$

За формулами (5.122) і (5.133) знаходять відносні значення витрат:

$$\varphi_{\text{макс}} = \frac{10^4}{12049} = 0,829;$$

$$\varphi_{\text{мін}} = \frac{3 \times 10^3}{12049} = 0,248$$

Згідно з рис. 5.20 діапазон переміщення РО при $n=0$

$$\Delta S = 0,829 - 0,248 = 0,581$$

Визначасмо з рис. 5.26 коефіцієнти передачі для максимального і мінімального навантажень РО:

$$\left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{макс}} = \left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{мін}} = 1$$

Отже, зворотний РО ідеально забезпечує сталість коефіцієнта передачі в робочому діапазоні.

За формулою (5.125) знаходять зусилля N_c :

$$N_c = 331749 \times 5 \times 10^{-4} = 165,87 \text{ Н}$$

де $\Delta F_c = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ (див. табл. 5.16).

З виразу (5.129) при конусності $\delta=120^\circ$ визначають для тарілчастого затвора величину S_y :

$$1 = 1,5 \left(\frac{2,3 \times S_y}{10^2} + \frac{S_y^2}{10^4} \right);$$

$$S_y = 25 \text{ мм}$$

Згідно із стандартом беруть величину $S_y = 25$ мм.

Обчислюють з рівняння (5.138) зусилля $N_{ш}$:

$$N_{ш} = 0,785(14 \times 10^{-3})^2 \times 0,12 \times 10^6 = 18,46 \text{ Н}$$

де $d_{ш} = 14 \cdot 10^{-3}$ м (див. табл. 5.16).

Зусилля N_d беруть з коефіцієнтом запасу 1,5 для двосідельних РО від суми зусиль N_c і $N_{ш}$:

$$N_d = 1,5(165,87 + 18,46) = 184,33 \text{ Н}$$

Перестановочне зусилля $N_{пс}$ для РО визначають за формулою (5.124):

$$N_{пс} = 1,3(165,87 + 18,46 + 184,33) = 479,26 \text{ Н}$$

За табл. 5.20 обирають для комплектації з РО виконавчий механізм типу МІМ прямої дії із зусиллям $N_{пс}$ у кінці прямого ходу 2,4 кН, що має діаметр $D_m = 160$ мм.

Розрахунок і вибір виконавчого пристрою для АСР витрати сировини в ректифікаційну колону проведено за таких вихідних даних: максимальна витрата сировини $V_{\max} = 100$ м³/год; мінімальна витрата сировини $V_{\min} = 50$ м³/год; тиск після насоса $P_0 = 1,038$ МПа; тиск у колоні $P_k = 0,01$ МПа; температура сировини в трубопроводі після теплообмінника $T = 303$ К; внутрішній діаметр трубопроводу $D = 130$ мм; густина сировини $\rho = 872$ кг/м³; кінематична в'язкість сировини $\nu = 8 \cdot 10^{-7}$ м²/с; загальна довжина прямих ділянок трубопроводу $L = 40$ м; модуль зважувального пристрою $m = 0,34$; коефіцієнт опору для теплообмінника $\xi = 78$; абсолютний тиск насичених парів сировини при 303 К $P_n = 20 \cdot 10^3$ Н/м²; інші характеристики трубовідної лінії показано на рис. 5.34.

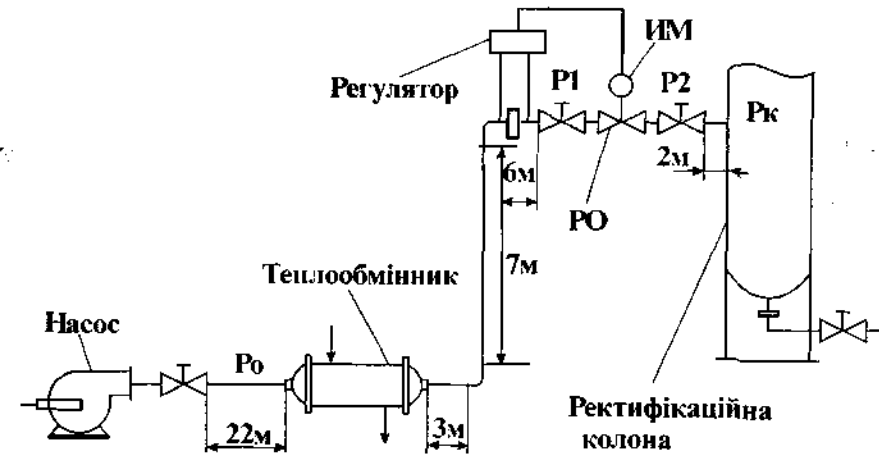


Рис. 5.34. Схема трубовідної лінії при регулюванні витрати сировини в ректифікаційну колону.

Швидкість потоку ω при M_{\max} обчислюють за формулою (5.92):

$$\omega = \frac{4 \times 100}{3,14 \times 0,13^2 \times 3600} = 2,09 \text{ м/с}$$

Визначають режим течії рідини в трубопроводі з рівняння (5.95):

$$Re = \frac{2,09 \times 0,13}{8 \times 10^{-7}} = 339625$$

За табл. 5.11 знаходять середню висоту виступів $\epsilon \approx 0,2$, і для $Re > 2320$ із виразу (5.93) визначають коефіцієнт λ :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{0,2}{3,7} + \left(\frac{6,81}{339625} \right)^{0,9} \right) = 2,53$$

$$\lambda = 0,628$$

Втрату тиску на прямих ділянках трубопроводу знаходять за формулою (5.90):

$$\Delta P_{пр} = \frac{0,628 \times 872 \times 40 \times 2,09^2}{2 \times 0,13} = 368006 \text{ Н/м}^2$$

Втрату тиску в місцевих опорах визначають з рівняння (5.91):

$$\Delta P_M = \frac{94,05 \times 872 \times 2,09^2}{2} = 179117 \text{ Н/м}^2$$

$$\text{де } \Sigma \xi_i = 2 \cdot 0,6 + 13,1 + 3 \cdot 0,25 + 78 + 1 = 64,05$$

Втрата тиску в лінії згідно з рівнянням (5.89):

$$\Delta P = 368006 + 179117 = 547123 \text{ Н/м}^2$$

л
Перепад тиску РО знаходять за формулою (5.96):

$$\Delta P_{\text{ро макс}} = 1028000 - 547123 - 68365 = 412500 \text{ Н/м}^2,$$

$$\text{де } \Delta P_c = (1,038 - 0,01) \times 10^6 = 1,028 \times 10^6 \text{ Н/м}^2;$$

$$\Delta P_c = 827 \times 9,8 \times 8 = 68365 \text{ Н/м}^2$$

Пропускна здатність РО обчислюють за формулою (5.97):

$$K_{V \text{ макс}} = \frac{36 \times 10^3 \times 100}{36 \times 10^2} \sqrt{\frac{87^2}{412500}} = 45,97 \text{ м}^3/\text{год}$$

З рівняння (5.108) знаходять умовну пропускна здатність:

$$K_{Vy} = 1,2 \times 45,97 = 55,16 \text{ м}^3/\text{год}$$

Згідно з табл. 5.9 рекомендована форма витратної характеристики лінійна, а оскільки $n = (547123/412500) = 1,33 < 1,5$, бажано, щоб пропускна характеристика також була лінійною. За табл. 5.15 обирають двосідельний РО з $K_{Vy} = 63 \text{ м}^3/\text{год}$ і $D_y = 65 \text{ мм}$ типу 15с997нжВБ(НО) з пробковим плунжером.

За формулами (5.92) і (5.95) визначають число Re_y :

$$Re_y = \frac{8,37 \times 0,065}{8 \times 10^{-7}} = 6,8 \times 10^5$$

$$\text{де } \omega = \frac{4 \times 100}{3,14 \times 0,065^2 \times 3600} = 8,37 \text{ м/с}$$

Оскільки $Re_y > 2000$, вплив в'язкості на витрату не враховують і двосідельний РО перевіряють на можливість виникнення кавітації.

Коефіцієнт місцевого опору РО визначають за формулою (5.110)

$$\xi_y = \frac{25,4 \times 33,16^2}{63^2} = 7,04$$

$$\text{де } F_y = \frac{3,14 \times 6,5^2}{4} = 33,16 \text{ см}^2$$

За кривою І (див. рис. 5.91) знаходять коефіцієнт кавітації $K_{\text{кав}} = 0,49$. За формулою (5.111) обчислюють перепад тиску, при якому виникає кавітація:

$$\Delta P_{\text{кав}} = 0,49(422500 - 20000) = 1,97 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$$

$$\text{де } P_1 = (0,01 + 0,4125) \times 10^6 = 0,4225 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$$

Оскільки

$$\Delta P_{\text{ро макс}} = 40125 \times 10^5 > \Delta P_{\text{кав}} = 1,97 \times 10^5 \text{ Н/м}^2,$$

обраний РО працюватиме в кавітаційному режимі. Тому обираємо РО з найближчим більшим $K_{Vy} = 100 \text{ м}^3/\text{год}$ і $D_y = 80 \text{ мм}$.

Коефіцієнт місцевого опору РО знаходять за формулою (5.110):

$$\xi_y = \frac{25,4 \times 50,24^2}{100^2} = 6,41$$

$$\text{де } F_y = 3,14 \cdot 8^2 / 4 = 50,24 \text{ см}^2$$

За кривою 3 (див. рис. 5.20) визначають коефіцієнт $K_{\text{кав макс}} = 0,68$, а за формулою (5.113) – значення $\Delta P_{\text{кав макс}}$

$$\Delta P_{\text{кав макс}} = 0,68 \times 402500 = 2,737 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$$

Необхідна максимальна пропускна здатність згідно з рівнянням (5.97)

$$K_{V \text{ у кав}} = \frac{36 \times 10^3 \times 100}{36 \times 10^2} \sqrt{\frac{87^2}{273700}} = 56,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

Перевіряють умову (5.108):

$$1,2 \cdot 56,5 = 67,8 \leq 100 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Оскільки умова (5.108) виконується, то вибір РО вважають закінченим. При цьому РО є двосідельним з лінійною витратною і пропускною

характеристиками, $K_{vy}=100 \text{ м}^3/\text{год}$, $D_y=80 \text{ мм}$ типу 15с997нжВБ(НО), керування від електропривода у вибухозахищеному виконанні.

За формулою (5.110) визначають витрату для обраного РО:

$$V'_{\text{макс}} = \frac{100 \times 100}{56,5} = 177 \text{ м}^3/\text{год}$$

Відносні значення витрат (див. рівняння (5.122) і (5.123))

$$\varphi_{\text{макс}} = \frac{100}{177} = 0,565$$

$$\varphi_{\text{мін}} = \frac{50}{177} = 0,282$$

Згідно з рис. 5.21 діапазон переміщень РО при $n=1,33$

$$\Delta S = 0,37 - 0,15 = 0,22$$

Коефіцієнти передачі для максимального і мінімального навантажень РО визначають з рис. 5.26:

$$\left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{макс}} = 1,2; \quad \left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{мін}} = 1,41$$

Перевіряють правильність вибраної лінійної пропускної характеристики. Згідно з рис. 5.27 коефіцієнти передачі такі:

$$\left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{макс}} = 1,44$$

$$\left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{мін}} = 0,9$$

Визначають відхилення коефіцієнтів передачі РО від лінії I (див. рис.

5.23 і 5.24) для $\varphi_{\text{макс}}$ і $\varphi_{\text{мін}}$ для РО з лінійною пропускною характеристикою:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{макс}} &= |1 - 1,2| = 0,2 \\ \Delta \left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{мін}} &= |1 - 1,41| = 0,41 \end{aligned} \right\}$$

для РО з рівновідсотковою пропускною характеристикою:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{макс}} &= |1 - 1,44| = 0,44 \\ \Delta \left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{мін}} &= |1 - 0,9| = 0,1 \end{aligned} \right\}$$

Порівнявши значення відхилень коефіцієнтів передачі, бачимо, що величину максимального відхилення ($d\varphi/dS$) у межах $\varphi_{\text{макс}}$ і $\varphi_{\text{мін}}$ для РО з лінійною пропускною характеристикою слід вважати правильною.

За формулою (5.125) визначають зусилля N_c

$$N_c = 2,737 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-4} = 54,74 \text{ Н}$$

де $\Delta F_c = 2 \cdot 10^4 \text{ м}^2$ (див. табл. 5.16).

Із виразу (5.129) при конусності $\delta = 120^\circ$ визначають величину S_y :

$$I = 1,5 \left(\frac{2,3 \times S_y}{80} + \frac{S_y^2}{80^2} \right);$$

$$S_y = 21,89 \text{ мм}$$

Беруть значення із стандартного ряду $S_y = 25 \text{ мм}$.

За формулою (5.138) знаходять зусилля $N_{ш}$:

$$N_{ш} = 0,785 (12 \times 10^{-3})^2 \times 0,01 \times 10^6 = 1,13 \text{ Н}$$

де $d_{ш} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ (див. табл. 5.16).

З урахуванням коефіцієнта запасу 1,5:

$$N_d = 1,5 (54,74 + 1,13) = 85,3 \text{ Н}$$

Перестановочне зусилля $N_{пс}$ для РО визначають з рівняння (5.124):

$$N_{пс} = 1,3 (54,74 + 1,13 + 85,3) = 183,53 \text{ Н}$$

Виконують розрахунок профілю стрижневого плунжера. За табл. 5.23 вибирають $\xi_k = 4,3$. З умови (5.144)

$$\xi_{ро} = \frac{4,3}{0,9} = 4,8$$

Беруть масштаб побудови 3:1. Задаються першим наближенням $m_{p1} = 0,5$ і з рис. 5.30 знаходять $\alpha_{к1} = 0,92$. За формулою (5.143) визначають при $l = 0,2$ величину $\xi_{ро}$:

$$\xi_{ро} = 4,8 \times \left(\frac{1}{0,2} \right)^2 = 120$$

Знаходять з рівняння (5.147) величину m_{p1} :

$$m_{p1} = \frac{1}{0,92 \sqrt{115,7 + 1}} = 0,1$$

де $\xi_0 = 120 - 4,3 = 115,7$.

Оскільки $m_{p1} \neq m_{z1}$, то задаються другим наближенням $m_{z2}=0,09$, для якого обчислюють α_{k2} і m_{p2} . Із рис. 5.30 $\alpha_{k2}=1,21$

$$m_{p2} = \frac{1}{1,21\sqrt{115,7+1}} = 0,0765$$

Остаточне значення $m=0,09$, а $\alpha_k=1,21$ при $l=0,2$. За формулою (5.148) знаходять величину f_{po} :

$$f_{po} = \frac{0,09 \times 5024}{2} = 226,1 \text{ мм}^2$$

$$\text{де } F_{po} = 3,14 \cdot 80^2 / 4 = 5024 \text{ мм}^2.$$

Із виразу (5.145) для перерізу $l=0,2$ знаходять координати X_0 і Y_0 :

$$Y_0^2 = \left(\frac{226,1}{3,14} \right)^2 \frac{1}{(80-0)^2} - 0;$$

$$Y_0 = 0,9 \text{ мм};$$

$$0 = \left(\frac{226,1}{3,14} \right)^2 \frac{1}{(80-X_0)^2} - X_0^2;$$

$$X_0 = 0,92 \text{ мм}.$$

Перевіряють умову (5.149):

$$u = \frac{0,9}{0,92} = 0,98 > 0,9$$

За формулою (5.150) визначають радіус

$$r = \frac{0,9+0,92}{2} = 0,91 \text{ мм}.$$

Результати аналогічних розрахунків для $l=0 \dots 1$ зведено в табл. 5.24.

Як впливає з табл. 5.24, при $l=1,0$ умова (5.149) не виконується. Тому визначають значення X і Y у проміжних положеннях, дані для яких наведено в табл. 5.25. За даними табл. 5.24 і 5.25 на рис. 5.35 побудовано профіль плунжера.

Для зчленування РО і ИМ обирають механічний зв'язок, показаний на рис. 5.326. Вихідні дані: $r=100$ мм; $m=80$ мм; $S_y=25$ мм; $c=1,4$.

Таблиця 5.24. Дані розрахунку профілю плунжера для двосідельного регулювального органу.

l	ξ_0	ξ_{po}	m_p	α_k	f_{po} , мм	X_0 , мм	Y_0 , мм	u	r , мм
0,2	115,7	120	0,09	1,21	226,1	0,92	0,90	0,98	0,91
0,4	25,7	30	0,18	1,10	452,1	1,85	1,79	0,96	1,82
0,6	9,0	13,3	0,32	1,00	803,8	3,32	3,19	0,96	3,25
0,8	3,2	4,5	0,55	0,895	1381,6	5,95	5,50	0,92	5,72
1,0	0,5	4,8	1,00	0,73	2512,0	11,80	10,00	0,85	-

Таблиця 5.25.

X, мм	0	2	4	6	8	10	11,8
Y, мм	10,0	10,0	9,73	8,99	7,71	5,53	0

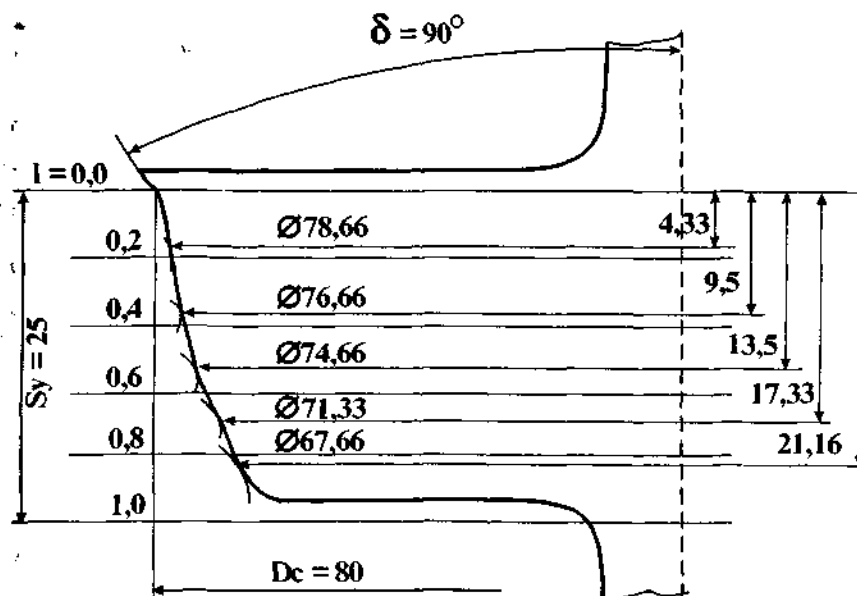


Рис. 5.35. Результати побудови профілю плунжера РО.

За формулою (5.160) знаходять R важеля РО:

$$R = \frac{1,4 \times 80 \times 100}{25} = 448 \text{ мм}$$

Відстань L відповідно до довжини кривошипа становитиме 400 мм. Довжину S визначають з рівняння (5.162):

$$S = 448 + 100 = 548 \text{ мм}$$

Коефіцієнт передачі K_c обчислюють за формулою (5.169):

$$K_c = \frac{80}{100} = 0,8$$

З рівняння (5.67) визначають перестановочне зусилля ИМ:

$$N_{\text{ив}} = 1,2 \times 0,8 \times 183,53 = 176 \text{ Н}$$

За формулою обчислюють потрібну величину перестановочного моменту ИМ:

$$M_{\text{ив}} = 176 \times 0,1 = 17,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

З табл. 3.11 обирають ИМ типу МЕО з перестановочним $M_{\text{пу}} = 40$ Н·м.

Розрахунок і вибір ИУ для АСР тиску пари в котельні передбачає такі вихідні дані для розрахунку: максимальна витрата мазуту $V_{\text{макс}} = 10$ м³/год; мінімальна витрата мазуту $V_{\text{мін}} = 4$ м³/год; перепад тиску при максимальній витраті на РО $\Delta P_{\text{ро макс}} = 2,5 \times 10^5$ Н/м²; перепад тиску в лінії при максимальній витраті $\Delta P_{\text{л}} = 3 \cdot 10^5$ Н/м²; температура потоку перед РО $T_1 = 323$ К; густина мазуту $\rho_2 = 990$ кг/м³; кінематична в'язкість при T_4 $\nu = 5,9 \cdot 10^{-4}$ м²/с; тиск потоку після РО $P_2 = 5 \cdot 10^6$ Н/м².

Послідовність розрахунку наступна.

За формулою (5.97) визначають пропускну здатність РО:

$$K_{V_{\text{макс}}} = \frac{36 \times 10^3 \times 100}{3600} \sqrt{\frac{990}{2,5 \times 10^5}} = 6,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

З рівняння (5.108) знаходять умовну пропускну характеристику РО. За формулою (5.115) обчислюють відношення

$$n = \frac{3 \times 10^5}{2,5 \times 10^5} = 1,2$$

Оскільки $n < 1,5$, беруть лінійну пропускну характеристику Згідно з табл. 5.15 обирають односідельний РО типу КРП/НЗ/ з $K_{V_y} = 8$ м³/год, $D_y = 25$ мм і тарілчастим плунжером.

З рівняння (5.92) і (5.95) визначають число Re_y :

$$Re_y = \frac{5,7 \times 0,025}{5,9 \times 10^{-4}} = 241,$$

$$\text{де } \omega = \frac{4 \times 10}{3,14 \times 0,025^2 \times 3600} = 5,7 \text{ м/с}$$

Оскільки $Re_y < 2000$, за кривою 2 (див. рис. 5.19) знаходять поправку на в'язкість $\epsilon = 1,22$. З урахуванням впливу в'язкості пропускну здатність знаходять за формулою (5.109):

$$K_{Vy1} = 1,2 \times 1,22 \times 6,3 = 9,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

Оскільки $K_{Vy1} > K_{Vy}$, за табл. 5.15 обираємо РО з найближчим більшим $K_{Vy} = 20$ м³/год і $D_y = 40$ мм.

Число Re_y і K_{Vy1} визначають за формулами (5.92), (5.95) і (5.109) для знову обраного РО:

$$Re_y = \frac{2,2 \times 0,04}{5,9 \times 10^{-4}} = 149;$$

$$K_{Vy} = 1,2 \times 1,35 \times 6,3 = 10,2 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$\text{де } \omega = \frac{4 \times 10}{3,14 \times 0,04^2 \times 3600} = 2,2 \text{ м/с};$$

$\epsilon = 1,35$ (з рис. 5.19).

Умова $K_{Vy1} = 10,2 \leq K_{Vy} = 20$ м³/год виконується, тому остаточно приймаємо РО з $K_{Vy} = 20$ м³/год і $D_y = 40$ мм.

Перевірку РО на виникнення кавітації не виконують, оскільки $P_n = 0$.

За рівнянням (5.116) уточнюють значення n :

$$n' = 1,2 \left(\frac{20}{1,35 \times 6,3} \right)^2 = 6,63$$

Уточнюють перепад тиску на РО за формулою (5.117):

$$\Delta P_{\text{роу}} = \frac{(2,5 + 3,0) \times 10^5}{6,63 + 1} = 0,72 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$$

Уточнюють максимальну витрату через РО за рівнянням (5.118):

$$V'_{\text{макс}} = \frac{20 \times 3600}{36 \times 10^3 \times 1,35 \sqrt{\frac{990}{0,72 \times 10^5}}} = 12,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Відносні значення витрат визначають за формулами (5.122) і (5.123):

$$\varphi_{\text{макс}} = \frac{10}{12,6} = 0,79;$$

$$\varphi_{\text{мін}} = \frac{4}{12,6} = 0,32.$$

Діапазон переміщень РО згідно з рис. 5.21 при $n'=6,63$

$$\Delta S = 0,21 - 0,06 = 0,15$$

Коефіцієнти передачі РО знаходять з рис. 5.26:

$$\left(\frac{d\varphi}{dS}\right)_{\text{макс}} = 1,5;$$

$$\left(\frac{d\varphi}{dS}\right)_{\text{мін}} = 5.$$

За формулою (5.126) обчислюють зусилля N_c :

$$N_c = 0,72 \times 10^5 \times 0,00118 = 84,78 \text{ Н}.$$

$$\text{де } F_3 = 0,785(0,04^2 - 0,01^2) = 0,00118 \text{ м}^2$$

Із виразу (5.40) при $\delta=90^\circ$ визначають величину S_y :

$$1 = 1,42 \left[\frac{2 \times S_y}{40} + \frac{S_y^2}{40^2} \right];$$

$$S_y = 24,4 \text{ мм.}$$

Беруть найближче значення зі стандартного ряду $S_y = 25 \text{ мм}$.

З рівняння (5.138) знаходять зусилля $N_{ш}$:

$$N_{ш} = 0,785 \times 0,01^2 \times 5 \times 10^6 = 392,5 \text{ Н}$$

Зусилля N_d визначають за формулою (5.135):

$$N_d = 0,785 \times 0,04^2 \times 2,2 \frac{990}{2} \left[1,05 + \left(\frac{0,04}{3,65 \times 0,025} \right)^2 \right] = 1,7 \text{ Н}$$

З урахуванням коефіцієнта запасу на тертя величина $N_{тр} = 715,92 \text{ Н}$.

Перестановочне зусилля $N_{пс}$ для РО знаходять за формулою (5.124):

$$N_{пс} = 1,3(84,78 + 392,5 + 1,7 + 715,92) = 1553,37 \text{ Н}$$

За табл. 5.17 для комплектації РО обирають ИМ типу МЕР з величиною $N_{пу} = 2500 \text{ Н}$.

Розрахунок і вибір ИУ для АСР концентрації двооксиду вуглецю в димових газах котельної установки здійснено за таких вихідних даних: максимальна витрата повітря $V_{\text{макс}} = 40000 \text{ м}^3/\text{год}$; мінімальна витрата повітря $V_{\text{мін}} = 20000 \text{ м}^3/\text{год}$; тиск повітря на початку трубопровідної лінії $P_0 = 2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$; тиск повітря в кінці трубопровідної лінії /в пальнику/ $P_k = 313 \text{ К}$; густина повітря $\rho = 1,22 \text{ кг/м}^3$; втрата тиску в прямих ділянках трубопроводу при максимальних витратах $\Delta P_{пр} = 0,04 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$; втрата тиску в місцевих опорах і технологічних апаратах при максимальній витраті $\Delta P_m = 0,1 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$; задана витратна характеристика рівновідсоткова (див. табл. 5.9).

Втрати тиску в лінії визначають за рівнянням (5.89):

$$\Delta P_{л} = (0,04 + 0,1) 10^6 = 0,14 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$$

Перепад тиску обчислюють за формулою (5.96):

$$\Delta P_{ро\text{макс}} = (0,16 - 0,14) \times 10^6 = 0,02 \times 10^6 \text{ Н/м}^2,$$

$$\text{де } \Delta P_c = (2 - 1,84) 10^6 \text{ Н/м}^2$$

Згідно з формулою (5.96) тиск перед РО

$$P_1 = (1,84 + 0,02) 10^6 = 1,86 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$$

Оскільки $\Delta P_{ро\text{макс}} < P_1$, пропускну здатність визначають за рівнянням (5.99):

$$K_{V\text{макс}} = 7 \times 10^5 \frac{40000}{3600} \sqrt{\frac{1,2 \times 313 \times 1}{1,84 \times 10^6 \times 0,02 \times 10^6}} = 813,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

Згідно з (5.108) умовна пропускну здатність:

$$K_{Vy} = 1,2 \times 813,8 = 976,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

За табл. 5.15 беремо $K_{vy}=1000 \text{ м}^3/\text{год}$.

За формулою (5.115) визначають відношення n :

$$n = \frac{0,14 \times 10^6}{0,02 \times 10^6} = 7$$

Оскільки $n > 3$, беруть рівновідсоткову пропуску характеристику. За формулою (5.120) знаходять максимальну витрату для РО:

$$V'_{\text{макс}} = \frac{40000 \times 1000}{813,8} = 49150 \text{ м}^3/\text{год}$$

Відносні значення витрат обчислюють з рівняння (5.122) і (5.123):

$$\varphi_{\text{макс}} = \frac{40000}{49150} = 0,814;$$

$$\varphi_{\text{мін}} = \frac{20000}{49150} = 0,407.$$

З рис. 5.27 і 5.28 визначають коефіцієнти передачі РО та їх відхилення від лінії II для $\varphi_{\text{макс}}$ і $\varphi_{\text{мін}}$:

- для РО з рівновідсотковою пропускнуою характеристикою

$$\left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{макс}} = 0,96;$$

$$\left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{мін}} = 1,15;$$

$$\Delta \left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{макс}} = |2,5 - 0,96| = 1,54;$$

$$\Delta \left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{мін}} = |1,3 - 1,15| = 0,15;$$

- для заслінкового РО

$$\left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{макс}} = 1,3;$$

$$\left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{мін}} = 2,38;$$

$$\Delta \left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{макс}} = |2,5 - 1,3| = 1,2;$$

$$\Delta \left(\frac{d\varphi}{dS} \right)_{\text{мін}} = |1,3 - 2,38| = 1,08.$$

Із порівняння відхилень коефіцієнтів передачі випливає, що максимальне відхилення ($d\varphi/dS$) у межах $\varphi_{\text{макс}}$ і $\varphi_{\text{мін}}$ для заслінкового РО менше. Тому обираємо заслінковий РО типу ПРЗ-200 з рівновідсотковою пропускнуою характеристикою, для якого згідно з табл. 5.15 $K_{vy}=1000 \text{ м}^3/\text{год}$, $D_y=200 \text{ мм}$.

Діапазон переміщення $\Delta\alpha$ для заслінки згідно з рис. 5.23

$$\Delta\alpha = 29 - 17 = 12^\circ$$

За формулами (5.140) обчислюють діаметр і товщину заслінки:

$$D_D = 0,95 \times 200 = 190 \text{ мм};$$

$$\delta = 0,02 \times 200 = 4 \text{ мм}$$

Парестановочний момент для заслінки згідно з рівнянням (5.139)

$$M_{\text{нк}} = 2 \times 0,01 \times 0,19^3 \times 0,02 \times 10^6 = 2,74 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

де $m=0,01$ (див. рис. 5.29).

Обирають механізм зчленування РО з електричним ИМ типу МЕП, зображений на рис. 5.31б. Зі стандартного ряду для ИМ типу МЕП (див. табл. 5.17) беруть $h=10 \text{ мм}$. За формулою (5.165) визначають довжину важеля РО:

$$R = \frac{10}{2 \times \sin 6} = 48 \text{ мм}$$

З рівняння (5.142) знаходять перестановочне зусилля для РО при $R=48 \text{ мм}$:

$$N_{\text{нк}} = \frac{2,74}{0,048} = 57,08 \text{ Н}$$

За табл. 5.17 для виконання умови $N_{\text{пн}} > N_{\text{нк}}$ обирають ИМ типу МЕП з величиною $N_{\text{пн}} = 63 \text{ Н}$. При цьому довжину з'єднувальної тяги ИМ визначають з рівняння (5.126):

$$H = \sqrt{\left(200 - \frac{10}{2}\right)^2 + \left(\frac{10}{4} \text{tg} 3\right)^2} = 195 \text{ мм},$$

де $L=200 \text{ мм}$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник / В.Я.Баранов, Т.Х. Безновская, В.А.Бек и др.; Под общ. ред. В.В Черенкова. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд – ние. 1987 – 847с.
2. Микропроцессорные автоматические системы регулирования. Основы теории и элементы: Учеб. пособие / В.В. Солодовников, В.Г. Коньков, В.А. Суханов, О.В. Шевяков; Под ред. В.В. Солодовникова. – М.: Высш. шк., 1991. – 255с.
3. Тошинский В.И., Бабіченко А.К., Подустов М.А., Петров В.Н. Алгоритмизация и программирование расчетов стандартных сужающих устройств для измерения расхода.: Учебное пособие. – К.: ИСДО, 1993. – 120 с.
4. Романенко В.Д., Игнатенко Б.В. Адаптивное управление технологическими процессами на базе микро ЭВМ: Учеб. пособие. – К.: Выща шк., 1990. – 334 с.
5. Технічні засоби автоматизації. Частина 2. Мікропроцесорні регулювальні та виконавчі пристрої : Навч. посібник / В.І. Тошинський, А.К. Бабіченко, В.І. Молчанов та ін.; За ред. А.К.Бабіченко. – К.: ІЗМН, 1997. – 200 с.
6. РНД 6-001-94 «Положение о технологических регламентах для производства продукции на предприятиях (в организациях) химического комплекса».
7. Емельянов А.И., Емельянова В.А. Исполнительные устройства промышленных регуляторов. – М.: Машиностроение, 1975. – 224 с.
8. Программно-технические контроллеры УНИКОНТ для промышленной автоматизации : Справочный материал. – Северодонецк.: НПО «Квантор», 2000. – 113 с.
9. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования. Часть 2 / В.А. Дубровный, Е.И. Забокрицкий, В.Г. Трегуб, В.А. Холодовский. – К.: Наукова думка, 1981. – 477 с.
10. Прудников С.Н. Расчет управляющих устройств пневматических систем. – М.: Машиностроение, 1987. – 152 с.

11. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования : Справочное пособие / А.С. Ключев, А.Т. Лебедев, С.А. Ключев, А.Г. Товарнов; Под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.
12. Михаил Гук. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия . СПб.: Питер Ком, 1999. – 816 с.
13. Справочник по персональным ЭВМ. / Н.И. Алишов, Н.В. Нестеренко, Б.В. Новиков и др.: Под ред. Б.Н. Малиновского. – К.: Техника, 1990. – 384 с.
14. Каган Б.М., Сташин В.В. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 304 с.
15. Технічні засоби автоматизації. Частина 1. Агрегатні комплекси технічних засобів автоматизації: Навч. посібник / В.І. Тошинський, А.К. Бабіченко, М.О. Подустов та ін.; За ред. А.К. Бабіченко. – К.: ІСДО, 1995. – 104 с.
16. Монтаж средств измерений и автоматизации. Справочник / К.А. Алексеев, В.А. Антипин, А.Л. Ганашек и др.; Под ред. А.С. Ключева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 488 с.
17. Гресько А.А., Долгая Л.А. Справочник слесаря по контрольно-измерительным приборам. – К.: Техника, 1988. – 176 с.
18. Беляев Г.Б., Кузнецов В.Ф., Смирнов Н.И. Технические средства автоматизации. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 320 с.
19. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования. Часть 1/ В.А. Дубровный, Е.И. Забокрицкий, В.Г.Трегуб, В.А.Холодовский. – К.: Наукова думка, 1981. – 464 с.
20. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. – М.: Машиностроение, 1983. – 424 с.
21. Артемьев Б.Г., Голубев С.М. Справочное пособие для работников метрологических служб. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – Кн.1, 428 с.
22. Технические средства автоматизации химических производств. Справ. изд./ В.С. Балакирев, Л.А. Барский, А.В. Бугров и др. – Химия, 1991. – 272 с.

Додаток.

Ціни на окремі засоби автоматизації

Тип приладів	Ціна з урахуванням ПДВ		
	Грн.	Руб.*	У.О.
1	2	3	4
Манометри, мановакууметри, вакуумметри, дифманометри.			
М-1/4, М-1/4С, МВ-1/4	43	-	-
МП2-У, ВП2-У, МВП2-У	31	132	-
МТП-1М, МТП-2М, МТП-3М, МТП-4М	28	-	-
МТИ, ВТИ (для точних вимірів): 1216, 1217, 1218, 1232, 1246; 1511, 1512 (кислотостійкі)	142÷166 458÷512	522÷588 1482÷1662	- -
МП3-У, ВП3-У, МВП3-У	39÷56	240÷384	-
МП3А-У, ВП3А-У, МВП3А-У	108	-	-
МП4-У, ВП4-У, МВП4-У	45÷62	270÷558	-
ДМ(ДВ, ДА)2005СгЕх (ВЭ-16Р6)	399	3600	-
ДМ(ДВ, ДА)2005Сг	91÷101	618÷792	-
МТС, ВТС, МВТС-711М1	458	1854	-
МТС, ВТС, МВТС-712М1	470	1818	-
ДСС711М1	717	3630	-
ДСС712М1	734	3702	-
Вентильний блок к ДСС	-	1432	-
Роздільники мембранні			
PM5319	-	4806	-
PM5320	-	3294	-
PM5321	-	4290	-
PM5322	-	1806	-
PM5494	-	4290	-
PM5497	-	4806	-
Перетворювачі тиску, перепаду тиску, гідростатичного тиску			
Сапфир-22М (базова модель): 2151, 2161, 2171, 2351; 2150, 2160, 2170, 2350, 2154, 2164; 2051, 2061; 2050, 2060; 2120, 2130, 2140, 2220, 2230, 2240, 2320, 2330, 2340, 2180; 2110, 2210, 2310; 2420, 2430, 2440, 2450, 2460, 2444, 2434; 2410 монтажний комплект вентильний блок 2520, 2530, 2540	848 1095 1095 1010 1199 1650 1406 1705 98 567 3024÷4308	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -

Продовж. додатку.

1	2	3	4
“Сапфир” (базова модель): 2040 (вик. 02) 2050 (вик. 02) 2051 (вик. 11) 2110, 2210, 2310 (вик. 01) 2120, 2220, 2320; 2115, 2215, 2315 (вик. 01) 2110, 2210, 2310 (вик. 02) 2120, 2220, 2320; 2115, 2215, 2315 (вик. 02) 2140, 2240, 2340 (вик. 02) 2150, 2160, 2170, 2350 (вик. 02) 2151, 2161, 2171 (вик. 11) 2410 (вик. 01) 2410 (вик. 02) 2420, 2430, 2434, 2440, 2444, 2450, 2460 (вик. 01) 2420, 2430, 2434, 2440, 2444, 2450, 2460 (вик. 02) 2520, 2530, 2540 (вик. 01) 2520, 2530, 2540 (вик. 02)	1353÷2420 1331÷1540 1233÷1507 1441÷1947 1441÷1595 1474÷2530 1452÷1760 1183÷1760 1139÷1430 1056÷1067 1606÷2530 1650÷2970 1612÷1892 1612÷2085 1912÷2192 1912÷2385	-	-
MT-100 (базова модель): 11031÷11039 12228÷12237, 12328÷12337 14023÷14028, 14123÷14128 монтажний комплект	848 1095 1199 30	-	-
КВАНТ ДИ (виконання моделей для ОЯЕ): 1405÷1410, 1505÷1510 1411÷1415, 1511÷1515, 1430÷1434, 1530÷1534 1416÷1418, 1516÷1518 1419÷1423, 1519÷1523 1424÷1429, 1524÷1529 1435÷1439, 1535÷1539 1401÷1404, 1501÷1504 (вик. ВН)	-	-	340 210 215 310 200 410 150
КВАНТ ДД (виконання моделей для ОЯЕ): 2405÷2410, 2505÷2510 2411÷2415, 2511÷2515, 2424÷2429, 2524÷2529, 2419÷2423, 2519÷2523,	-	-	378

Продовж. додатку.

1	2	3	4
2416÷2418, 2516÷2518, 2430÷2434, 2530÷2534			300 360
2401÷2404, 2501÷2504 (вик. ВН)			
КВАНТ ДА (виконання моделей для ОЯЕ): 3411÷3415, 3511÷3515, 3416÷3418, 3516÷3518, 3419÷3423, 3519÷3523 3424÷3429, 3524÷3529, 3430÷3434, 3530÷3534	-	-	358 310
КВАНТ ДВ (виконання моделей для ОЯЕ): 4405÷4410, 4505÷4510, 4411÷4415, 4511÷4515, 4416÷418, 4516÷4518 4419÷4421, 4519÷4521 4401÷4404, 4501÷4504 (вик. ВН)	-	-	365 350 360
КВАНТ ДГ (виконання моделей для ОЯЕ): 5411÷5415, 5511÷5515, 5419÷5423, 5519÷5523 5416÷5418, 5516÷5518	-	-	325 350
КВАНТ ДИВ (виконання моделей для ОЯЕ): 6405÷6410, 6505÷6510, 6411÷6415, 6511÷6515, 6416÷6418, 6516÷6518, 6419÷6423, 6519÷6523 6424÷6429, 6524÷6529	-	-	350 342
МАС-, ТС-, ТНС-П1...П3	1566÷2168	-	-
ВС-П1, МВС-П1 (МВС-П2)	1204, 1295	-	-
МС-П12...П19	2108...3400	-	-
ІЗДИ10, ІЗДВ10, ІЗДИВ10	442	-	-
ІЗДИ13, ІЗДИ30-К, ІЗДИ-40, ІЗДИВ13	448	-	-
ІЗДИ30, ІЗДВ30, ІЗДИВ30	436	-	-
ІЗДИ-40К	453	-	-
ДМЗ583М	-	-	160
МПЭ-МИ	562, 694	2070, 2526	-
ДМЭ-МИ	-	2442, 2658	-
ДМЭР-МИ	-	2526, 2808	-
ДМЭУ-МИ	-	2442, 2658	-
Датчики – реле тиску			
ДЕМ102-1-01-1, ДЕМ102-1-02-2, ДЕМ102-2-02-1	-	468	-

Продовж. додатку.

1	2	3	4
ДЕМ102-1-01-2, ДЕМ102-1-06-2, ДЕМ102-2-02-2, ДЕМ102-2-05-2	-	834	-
ДЕМ102-1-01А-2, ДЕМ102-2-05А-2, ДЕМ202-1-01-2	-	900	-
ДЕМ202-1-01А-2	-	960	-
ДЕМ202-1-02-1	-	582	-
Перетворювачі і сигналізатори рівня			
Сапфір-22ДУ-Вн-Ех: 2620, 2630, 2640, 2650; 2615, 2622	3810÷4184 5757÷6255	-	-
ДУЖЭ-200М, ДУЖП-200М	896, 551	-	-
РОС-101, РОС-101И, РОСМ-01	787	-	-
РОС-301П, РОС-301Ф	-	1656, 1794	-
РУ-ПТ2	13255	-	-
ПИУП(РУП)	2568÷4308	-	-
Лічильники і перетворювачі витрати			
РГ-40	1560	-	350
РГ-100	1920	-	400
РГ-250	2640	-	420
РГ-400	2760	-	490
РГ-600	3120	-	650
РГ-1000	3810	-	700
ЛГ-80	4200	-	800
ЛГ-100	4800	-	900
ЛГ-150	5040	-	1000
ЛГ-200	6480	-	1300
РЛ-4, РЛ-6	-	-	50
РЛ-20	-	-	80
СМО-(50÷400)	-	-	900
СМО-(1000÷7000)	-	-	1000
IS-1.5, IS90-1.5, IS-2.5, IS90-2.5	-	-	28÷31
IS-3.5, IS-3.5NK	-	-	70, 98
IS-6, IS-6NK	-	-	79, 107
IS-10, IS-10NK	-	-	122, 156
IS-1.5NK, IS-2.5NK, IS90-1.5NK, IS90-2.5NK	-	-	55÷58
IS130-3.5, IS130-3.5NK	-	-	93, 121
IS130-6, IS130-10	-	-	107, 162
MW-50, MW-50NK	-	-	204, 232
MW-65, MW-65NK	-	-	237, 264
MW-80, MW80NK	-	-	251, 278

Продовж. додатку.

1	2	3	4
MW-100, MW-100NK	-	-	269, 296
MW-250, MW-250NK	-	-	639, 667
MP-50, MP-50NK	-	-	209, 236
MP-65, MP-65NK	-	-	241, 369
MP-80, MP-80NK	-	-	274, 301
MW-130-50, MP-130-50	-	-	403, 528
MW-130-65, MP-130-65	-	-	436, 584
MW-130-100...MW-130-250	-	-	500...1111
MW-130-50NK...MW-130-250NK	-	-	431...1112
MP-130-50NK...MP-130-80NK	-	-	556...695
ТРГ	11382	-	-
ВЭПС-ПБ-1 (Ду20÷300)	3360÷14060	-	-
ВЭПС-ПБ-2 (Ду20÷300)	4290÷15120	-	-
ВЭПС-ПБ-3 (Ду20÷300)	5780÷17200	-	-
Теплолічильники			
Supercal 432 (Ду50÷150)	3435÷9975	-	-
Січ-Вх (Ду20÷100)	3795÷5003	-	-
Січ-УЗВ (Ду25÷100)	5280÷6336	-	-
Січ (Ду20÷100)	2284÷5023	-	-
КМ-5-1 (Ду25÷100)	2950÷3940	-	-
Термометри рідинні			
Оправа термометрів (кутова, пряма)	29÷35	-	-
ТТЖ (прямі)	19÷25	-	-
ТТЖ (кутові)	22÷26	-	-
ТТП (прямі), ТТУ (кутові)	57, 62	-	-
ТП-1, ТП-22	172, 50	-	-
СП (№1, №1А вібростійкий)	93, 111	-	-
ТПК (прямі, кутові)	69	-	-
ТПИ (інкубаторний)	101	-	-
Манометричні термометри			
ТГП-100, ТГП-100ЭК	180, 264	-	-
ТКП-60/3М2	114	-	-
ТГС-711М1 (електропривід)	564	1938	-
ТГС-712М1 (привід годинниковий)	798	1716	-
ТГ2С-711, ТГ2С-712	-	-	-
ТКП-100ЭКМ1 (до 6 м довжина капіляру)	-	1014	-
ТКП-100ЭКМ1 (від 10 м довжина капіляру)	-	1188	-
ТКП-160СГМ 20,6-2,5 М	-	2382	-
ТКП-160СГМ 210,0-25,0 М	-	3330	-
ТКП-160СГМ 24,0-6,0М	-	2940	-

Продовж. додатку.

1	2	3	4
ТГ-711РМ, ТГ-712РМ	746	-	-
Пірометричні термометри			
MT4	900	-	-
Raynger серії ST:			
ST20	1520	-	-
ST30	2050	-	-
ST60	2680	-	-
ST80	3360	-	-
Raynger серії MX:			
MX2	5300	-	-
MX-4	6360	-	-
MX4+	7560	-	-
Raynger серії 3i:			
1M, LR	15860	-	-
2M, G5, P7	17280	-	-
Газоаналізатори			
ДОЗОР-Х (одноканальний)	2478	-	-
ДОЗОР-Х-Т (одноканальний)	2772	-	-
ДОЗОР-Х (двоканальний)	3714	-	-
ДОЗОР-Х-Т (двоканальний)	3996	-	-
ДОЗОР-Х-Х (двоканальний)	4164	-	-
ДОЗОР-Х (восьмиканальний)	7392	-	-
ДОЗОР-Х-Х (восьмиканальний)	7848	-	-
ГИАМ-15М	-	-	2112
АНКАТ-7621	-	-	499÷2722
АКВТ-01	-	-	1570÷1650
ЩИТ-2	-	-	492÷2580
СТХ-17	-	-	182÷255
ПГС (спонукач газової суміші)	3240	-	-
Пульс (спонукач витрати)	-	-	50
Перетворювачі, індикатори та блоки живлення			
П282, П282А	1288	-	-
БПВ1-1, БПВ1-1Л	420, 468	-	-
БПО-32, БПО-42	372, 388	-	-
БПТ-22	402	-	-
ПНС-1	396	-	-
БП1-2, БП1-485	460	-	-
ИТЦ-12Р(П), ПЦ-12Р	3210	-	-
МТМ-2	620	-	-
МТМ201, МТМ201Д, МТМ201Т	645	-	-
МТМ201Ц	900	-	-
П292, МТМ292	6528	-	-

Продовж. додатку.

1	2	3	4
ПЭП-95, МТМ501, МТМ501-02	910	-	-
П287А, МТМ501-03, МТМ501-04	720	-	-
МТМ501, МТМ501-01	1000	-	-
МТМ502	850	-	-
БПС-90К	-	6966	-
22БП36-1К, БИК-1	-	3960	120
22БП36-2К, 22БП36-4К	-	4600	140
22БП36-8К	-	5202	160
БП24-2К, БП24-4К	216, 300	1440, 1572	-
ЭП-Ех, ЭП-22ИС	511, 480	-	-
Вторинні прилади			
КСП2-01-047, 048, 049+068, 018+023	-	-	454
КСП2-01-004, 005, 016, 038, 042, 043, 045, 046	-	-	357
КСП2-01-070, 071, 081	-	-	422
КСП2-01-001, 031, 032, 082	-	-	519
КСП2-01-026, 027, 028	-	-	454
КСМ2-01-003, 004, 038, 042, 050-052	-	-	357
КСМ2-01-079, 080, 091	-	-	389
КСМ2-01-018+023	-	-	454
КСМ2-01-053+076	-	-	486
КСМ2-01-028+030, 092	-	-	584
КСУ2-01-003, 004, 047, 068, 072, 076, 080	-	-	357
КСУ2-01-014, 056	-	-	389
КСУ2-01-025+027, 039+041, 081+089, 090+098	-	-	357
КСУ2-01-030+032, 042+044	-	-	551
КСД2-01-003, 004, 043, 044, 051, 052	-	-	357
КСД2-01-023, 024, 027, 028	-	-	389
КСД2-01-055, 056, 067, 068, 075, 076, 078, 080	-	-	422
РП160-00, 02, 04, 08, 12, 14, 16, 18	-	-	441
РП160-01, 03, 05, 07, 09, 13, 15, 17, 19	-	-	467
РП160-50, 52, 54, 58, 64, 66, 68, 62	-	-	973
РП160-51, 53, 55, 59, 63, 65, 67, 69	-	-	1027
РП160-10АД	-	-	1524
РП160-20АД-11, 12, 14	-	-	2076
РП160-20АД-13	-	-	2400
РП160-20, 22, 24, 26	-	-	506
РП160-21, 23, 25, 27	-	-	616
РП160-28+39	-	-	703

Продовж. додатку.

1	2	3	4
РП160-РС-3010	-	-	856
РП160-70+73	-	-	1243
ПКП1, ПКП1Э, ПКП1П	-	2310+2892	-
ПКП2	-	3858	-
ПКР1, ПКР2	-	4044+6024	-
Регулювальні і функціональні пристрої			
РС29, 0.12М, -0.43М, -1.43М	-	8496	-
РС29, 0.42М, -3.42М	-	7494	-
РС29, 0.43М, -2.22М	-	8394	-
РС29, 1.12М	-	9996	-
РС29, 1.42М, -2.23М, -3.43М	-	7998	-
РС29, 2.32М,	-	9294	-
РС29, 2.33М	-	8898	-
Р17(17.1, 17.2, 17.3), А35, Л03, Н05	-	16722	-
Р27	-	16002	-
Р27.1, 27.2, 27.3	-	14544	-
Р28, Д05(05.1, 05.3)	-	19632	-
А05, А06	-	14544	-
Д06	-	22548	-
Д07	-	20364	-
РП4ТМ1, РП4ПМ1, РП4УМ1	-	6342+6756	-
ПРОТАР100+130	-	9096+1149	-
	-	6	-
МИНИТЕРМ300.01(21, 31)	-	3498	-
МИНИТЕРМ400.00(20+22, 30, 31)	-	4494	-
МИНИТЕРМ400.04, МИНИ-ТЕРМ400.25.63(25.66, 25.73, 25.79)	-	4998	-
МИНИТЕРМ450.00.0(31.1, 31.2)	-	6888	-
РТЭ-4.1	516	-	-
РТЭ-4.1М-10, РТЭ-4.1М-30	600, 660	-	-
РТЭ-4.4, РТЭ-4.4М	978, 1098	-	-
РТЭ-5.4-10, РТЭ-5.4-11	2178, 2448	-	-
МІК-2, МІК-21	1040, 1070	-	-
МТР-8	1190	-	-
Р130 (усереднений комплект)	-	24966	-
БШ1	-	12702	-
БСТ1	-	6114	-
БДС	-	5202	-
БЗИ	-	6504	-
БСС	-	4932	-
БСД	-	3780	-
БНП-2	-	6708	-

Закінчення додатку.

1	2	3	4
БСЛ-2	-	6282	-
БВО-2	-	6528	-
Оперативні, задавальні і допоміжні пристрої			
БУ12	-	1644	-
БУ21	-	1314	-
ЗУ05	-	1428	-
ЗУ11, В01	-	768, 102	-
КХС(М), КХС(РС)	-	198	-
РЗД12, РЗД22	-	648, 1322	-
БРУ22, БРУ32, БРУ42	509-954	2178-3366	-
ДУП-4М, ИПУ	337	1314	-
В12	-	1560	-
ПП12.2	605	-	-
Пускові пристрої			
ПБР-2М, ПБР-2М2	-	2640, 2550	-
ПБР-3, ПБР-3А	-	3210	-
ФЦ-0610, ФЦ-0620	-	4374, 2844	-
У13Н	-	3096	-
У24.10, У24.11	-	5496, 6294	-
У24.20, У24.21	-	6996, 10452	-
У29.2, У29.3М	-	1680, 2496	-
У300, У330	-	2298, 1896	-
У330Р2	-	2094	-
П300.2, П300.4, П300Р3	-	1446	-
П300.Р2	-	1296	-
Виконавчі пристрої			
25ч945п (Ду25)	-	15456	-
25ч945п (Ду50)	-	16008	-
25ч945п (Ду65)	-	16836	-
25ч945п (Ду80)	-	17112	-
25ч945п (Ду100)	-	19734	-
25ч945п (Ду125)	-	23736	-
Примітка: ціни наведені за інформацією СП "Манометр" (м. Харків) на 01.01.2001р, ЧП "Западенергоконтроль" (м. Івано-Франківськ), підприємства "МІКРОЛ" (м. Івано-Франківськ), НВП "Мікротерм" (м. Северодонецьк) на 01.01.2001р, АТ "СІНТЕК" (м. Київ), компанії "ТБН УкрЕнерго" (м. Київ) на 12.01.2000р, фірми "ЕРГОС" (м. Харків) на 01.05.2001р, ТОВ НВП "ОРІОН" (м. Харків) на 01.01.2001р, ТОО "Виктер" (м. Київ) на 01.05.2001р; вартість перетворювачів КВАНТ у звичайному виконанні на 37.5%, у виконанні Ех на 30% і виконанні ВН на 25% дешевше; вартість перетворювачів СА-ФІР для виконання ВН і Ех у середньому на 15% дорожче (за цінами фірми - виготівника, що наведена без урахування НДС); * ціни за інформацією ЗАО "МЗТА комплект" (м. Москва) на 01.07.2001р.			

ЗМІСТ

БЛДУ

19

Передмова.....	3
1. Вторинні прилади (А.К. Бабіченко, О.В. Пугановський, В.І. Вельма).....	4
1.1. Загальні відомості.....	4
1.2. Прилади показуючі, реєструючі серії ДИСК-250.....	13
1.3. Прилади показуючі, реєструючі серії КСД-250.....	20
1.4. Прилади показуючі серії КП1Т.....	22
1.5. Прилади показуючі, реєструючі серії А.....	22
1.6. Прилади показуючі, реєструючі серії РМТ, ТЕХНОГРАФ-160, АЛЬ-ФАЛОГ-100.....	24
1.7. Прилади показуючі, реєструючі серії КС2.....	30
1.8. Прилади показуючі, реєструючі серії РП160.....	38
1.9. Вузькопрофільні показуючі прилади серії М.....	44
1.10. Пневматичні показуючі і реєструючі прилади.....	46
2. Агрегатні комплекси технічних засобів автоматизації (А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський).....	51
2.1. Загальні відомості.....	51
Блоки вводу – виводу (53). Функціональні блоки (56). Регульовальні блоки (65). Блоки оперативного керування (66). Підсилювачі потужності (66). Умови застосування (66).	
2.2. Електрична уніфікована система приладів автоматичного регулювання КАСКАД.....	67
Комплекс технічних засобів КАСКАД першої черги (67). Комплекс технічних засобів КАСКАД-2 (78).	
2.3. Електрична уніфікована система приладів автоматичного регулювання АКЕЗР.....	97
Комплекс технічних засобів АКЕЗР першої черги (97). Комплекс технічних засобів АКЕЗР-2 (126).	
2.4. Уніфікована система електричних приладів автоматичного регулювання КОНТУР.....	138
2.5. Підсилювачі потужності.....	156

*пускарі, турбостарті
підсилювачі для ел. двиг. та ел. нагрівачів*

2.6. Пневматична уніфікована система приладів автоматичного регулювання СТАРТ.....	168
3. Мікропроцесорні регулювальні прилади і комплекси (А.К. Бабіченко, В.І. Молчанов, М.О. Подустов).....	176
3.1. Загальні відомості.....	176
3.2. Комплекс мікропроцесорних приладів МІНІТЕРМ.....	184
Комплекс приладів МІНІТЕРМ 400 (184) Комплекс приладів МІНІТЕРМ 450 (198)	
3.3. Комплекс мікропроцесорних регуляторів серії РТЭ.....	199
3.4. Мікропроцесорні регулятори МІК та МТР.....	207
3.5. Комплекс мікропроцесорних приладів ПРОТАР.....	210
3.6. Комплекс мікропроцесорних приладів Р 130.....	212
Склад мікроконтролера (214). Бібліотека алгоритмів (228). Виконання функціональних схем (262). Введення – виведення інформації (265). Приклади побудови автоматичних систем регулювання (282).	
3.7. Програмно-технічні контролери УНІКОНТ.....	293
Контролери зв'язку з об'єктом (293). Технічні засоби для компонування каналів зв'язку з об'єктом (298). Технічні засоби для побудови розподілених систем промислової автоматизації (328). Робочі станції РС Pentium (331). Програмне забезпечення (333).	
4. Виконавчі пристрої (А.К. Бабіченко, В.С. Михайлов).....	343
4.1. Загальні відомості.....	343
4.2. Електричні виконавчі механізми.....	349
МЭО Електричні <u>однооборотні виконавчі механізми</u> (350). Електричні виконавчі механізми <u>прямоходні</u> (361). Електричні <u>багатооборотні виконавчі механізми</u> (362).	
4.3. Пневматичні виконавчі механізми.....	385
Мембранні виконавчі механізми (387). Пневмодвигуни поворотні (390). Засоби технологічного оснащення (394).	
4.4. Промислова регулювальна арматура.....	407
Виконавчі пристрої з пневматичним приводом (410). Виконавчі пристрої з електромагнітним приводом (436). Виконавчі пристрої з	

гунним приводом (455).	
5. Вибір і розрахунок засобів автоматизації (А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, М.О. Подустов).....	473
5.1. Вибір і розрахунок метрологічних показників.....	474
5.2. Вибір і розрахунок звукувальних пристроїв для вимірювання витрати. Алгоритм розрахунку стандартних звукувальних пристроїв (479). Визначення похибки вимірювання витрати (562). Приклади розрахунків (569).	478
5.3. Розрахунок витратомірів з соплами критичного стікання.....	589
Алгоритм розрахунку (590). Приклад розрахунку (591).	
5.4. Розрахунок і вибір виконавчих пристроїв.....	595
Алгоритм розрахунку і вибору виконавчого пристрою (596). Розрахунок перестановочного зусилля виконавчих механізмів (610). Розрахунок площі відкритого перерізу та профілю затвора регулювальних органів (617). Вибір і розрахунок зчленувань виконавчих механізмів і регулювальних органів (621). Приклади розрахунків і вибору виконавчих пристроїв (626).	
Список літератури.....	644
Додаток. Ціни на окремі засоби автоматизації.....	646

Навчальне видання

Промислові засоби автоматизації
Частина 2
Регулювальні і виконавчі пристрої

Навчальний посібник

БАБЧЕНКО Анатолій Костянтинович
ТОШИНСЬКИЙ Володимир Ілліч
МИХАЙЛОВ Володимир Семенович
МОЛЧАНОВ Володимир Іванович
ПОДУСТОВ Михайло Олексійович
ПУГАНОВСЬКИЙ Олег Валентинович
ВЕЛЬМА Володимир Іванович

В авторській редакції

Підп. до друку 10.03.2003 р. Формат 60x84 1/16.
Папір – офсет. Друк. – офсет. Гарнітура Times.
Ум. друк. арк. 38.59. Обл.-вид. арк. 47.5. Тираж – 500 прим.
Зам. № 385. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ "ХПІ", 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

ТОВ "РОМІ", Харків, вул. Бакуліна, 12



ISBN 966-593-292-6



9 789665 932338



Типографія
ООО "РОМИ"

г. Харьков, ул. Бакулина 12, к. 51

LOGOPRINT 500

TEMP. 4 100.0 °C

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

31 32 33 34 35 36 37 38 39 40

41 42 43 44 45 46 47 48 49 50

51 52 53 54 55 56 57 58 59 60

61 62 63 64 65 66 67 68 69 70

71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

81 82 83 84 85 86 87 88 89 90

91 92 93 94 95 96 97 98 99 100