

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**М. З. КВАСКО, Я. Ю. ЖУРАКОВСЬКИЙ,
А. І. ЖУЧЕНКО, В. В. МИЛЕНЬКИЙ**

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

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

Київ

НТУУ «КПІ»

2014

УДК 681.52/.53.04 (075.8)
ББК 32.965я73
П79

Гриф надано Міністерством освіти і науки України

(Лист №1/11-2310 від 11.02.2014)

Рецензенти: *В. М. Казак*, д-р техн. наук, проф.
(Національний авіаційний університет)

Л. М. Шкаранута, д-р техн. наук, проф.
(Інститут біоорганічної хімії і нафтохімії НАН України)

О. Н. Жулинський, канд. техн. наук
(ВАТ ІВП «ВНПІТРАНСГАЗ»)

Відповідальний редактор *А. І. Жученко*, д-р техн. наук, проф.
(Національний технічний університет України «КПІ»)

Кваско М. З. та ін.

П79 Проектування систем керування: Навч. посіб. для студ. вищ. техн. навч. закл. /М. З. Кваско, Я. Ю. Жураковський, А. І. Жученко, В. В. Миленький. — К. : НТУУ «КПІ», 2014. — 344 с.
ISBN 978–966–2425–32–1

Розглянуто зміст і стадії виконання проектів автоматизації промислових об'єктів на базі чинних вітчизняних і міжнародних стандартів. Подано приклади розроблення та опису схем автоматизації, принципів схем. Наведено матеріали з монтажу й експлуатації систем автоматизації.

Для студентів вищих технічних навчальних закладів.

УДК 681.52/.53.04 (075.8)
ББК 32.965я73

ISBN 978–966–2425–32–1

© М. З. Кваско, Я. Ю. Жураковський,
А. І. Жученко, В. В. Миленький, 2014

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. СХЕМИ КЕРУВАННЯ.....	15
1.1. Структурні схеми АСКТП.....	15
1.2. Схеми автоматизації	19
1.3. Питання для самостійної роботи	47
2. СХЕМИ ПРИНЦИПОВІ	48
2.1. Схеми електричні принципіві	48
2.2. Схеми електричні принципіві живлення	86
2.3. Схеми електричні принципової сигналізації.....	94
2.4. Схеми електричні принципіві контролю, регулювання і сигналізації.....	105
2.5. Схеми пневматичні принципіві	108
2.6. Питання для самостійної роботи	128
3. ЩИТИ ТА ПУЛЬТИ.....	129
3.1. Призначення та конструкція щитів і пультів	129
3.2. Креслення загальних видів щитів і пультів.....	145
3.3. Таблиці з'єднань і підключення	157
3.4. Специфікація щитів та пультів (СО2).....	168
3.5. Рекомендації щодо проектування щитів.....	173
3.6. Питання для самостійної роботи	174
4. ПРОЕКТУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ПРОВОДОК	175
4.1. Класифікація зовнішніх проводок.....	175
4.2. Вибір проводів і кабелів для системи автоматизації.....	176

4.3. Технічні дані та вказівки із використання найбільш поширених в електропроводках систем автоматизації проводів	178
4.4. Рекомендації при проектуванні трубних проводок	182
5. СХЕМИ З'ЄДНАНЬ ТА ПІДКЛЮЧЕННЯ ЗОВНІШНІХ ПРОВОДОК.....	193
5.1. Загальні положення.....	193
5.2. Основні вимоги при проектуванні і експлуатації зовнішніх проводок.....	194
5.3. Правила виконання схем з'єднань зовнішніх проводок.....	196
5.4. Зображення щитів і комплексів на схемах зовнішніх проводок.....	200
5.5. Позащитові прилади та групові установки приладів	202
5.6. Проектування і прокладання зовнішніх проводок	206
5.7. Нумерація в схемах зовнішніх проводок.....	209
5.8. Перелік елементів і технічні вимоги в схемах зовнішніх проводок.....	212
5.9. Правила виконання схем підключення зовнішніх проводок.....	215
5.10. Електричні з'єднувальні коробки.....	216
5.11. Щити.....	216
5.12. Таблиця з'єднань зовнішніх проводок	218
5.13. Таблиця підключення зовнішніх проводок.....	221
5.14. Креслення розташування обладнання та зовнішніх проводок і засобів автоматизації	223
5.15. Креслення установлень засобів автоматизації.....	225
5.16. Випробування і здача трубних проводок в експлуатацію.....	225

6. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ AUTOCAD.....	227
6.1. Основні визначення	227
6.2. Словник термінів.....	228
6.3. Рівні розвитку САПР	230
6.4. Переваги САПР	231
6.5. Класифікація САПР	232
6.6. Класифікація ПЗ на ринку CAD/CAM/CAE-систем.....	233
6.7. Етапи життєвого циклу промислових виробів (ЖЦВ), роль САПР/АТПП у виробничому циклі та їх місце серед інших автоматизованих систем.....	234
6.8. Класифікація мов програмування. Мова Лісп	239
6.9. Присвоювання значень в Автоліспі. Математичні функції. Робота з інтерпретатором	247
6.10. Створення функцій користувача. Область дії змінних. Організація діалогу із користувачем	253
6.11. Використання команд Автокада. Геометричні побудови...	263
6.12. Робота зі списками. Галуження	271
6.13. Конструкції Автоліспа. Цикли.....	280
6.14. Основи параметричного проектування.....	289
7. Список рекомендованої літератури.....	301
Додаток 1. Основні поняття і визначення.....	309
Додаток 2. Ступені захисту, що забезпечуються оболонками (код IP)	313
Додаток 3. Приклади побудови умовних зображень приладів і засобів автоматизації.....	317

**Додаток 4. Умовні графічні позначення технологічного
обладнання..... 325**

**Додаток 5. Рекомендовані умовні літерні позначення
технологічного обладнання 342**

ВСТУП

Курс «Проектування систем керування» є одним із основних при підготовці спеціалістів і магістрів по напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Термін «Проект» виник від латинського слова «Projectus», що в перекладі означає «кинутий вперед», «вистрибуючий» та ін.

Сама назва курсу «Проектування систем керування» говорить про те, що результатом вивчення курсу є розробка нових проектів систем керування технологічними процесами.

Проектування це послідовний процес розробки комплексу документації і матеріалів нового зразка з використанням міжнародних стандартів на базі технічних розрахунків з використанням сучасних технологічних засобів реалізації автоматичних засобів.

Процес проектування систем керування базується на вивченні і освоєнні інженерних дисциплін, основних стандартів і правил проектування.

Метою вивчення курсу є:

а) необхідність освоєння методик проектування і розрахунку систем керування;

б) удосконалення навиків у використанні науково-технічної літератури, документів, стандартів і нормативних документів;

в) засвоєння матеріалу оформлення проектної науково-технічної документації на базі сучасних правил, стандартів і інших систем документації.

При проектуванні систем керування слід пам'ятати, що необхідно максимально використовувати науково-технічну літературу, діючи

стандарти і нормативну документацію заводів-виробників технологічного устаткування, засобів контролю і керування.

При підготовці даної роботи використані досвід проектування і реалізації робіт в проектних і монтажних-налагоджувальних організаціях, а також досвід викладання в навчальних закладах.

Стадії проектування

Проектування проводиться в декілька стадій, які складаються з етапів.

Стадія 1. Формування вимог до автоматизованих систем (АС).

На цій стадії необхідно провести обстеження об'єкта, сформулювати вимоги до АС.

Стадія 2. Розробка концепції АС.

Проводиться вивчення об'єкта проведенням необхідних науково-дослідних робіт. Аналізуються і вибираються, обґрунтовуються, аналізуються варіанти АС.

Стадія 3. Технічне завдання.

На основі 1 та 2 стадій затверджуються проектні рішення по всій системі і її частинах у вигляді документації.

Стадія 4. Ескізний проект.

Ця стадія є продовженням стадії 3. На цій стадії розглядаються попередні проектні рішення для всієї АС і їх частин, оформляється додаткова документація.

Стадія 5. Технічний проект.

Розробляється проектне рішення по всій АС і її частинах. Розробляється і оформляється документація на устаткування, його розробку і комплектацію. Розробляються і оформляються технічні

завдання на розробку засобів автоматизації для проектування системи в суміжних підрозділах.

Технічний проект – це стан повномасштабної розробки зразка, виконаного в об'ємі, який дозволяє почати розробку всіх елементів в цілому, тобто розробляти робочу документацію.

Стадія 6. Робоча документація.

Це та проектна документація, по якій реалізується проект, проводиться уточнення проектних рішень. Розробляються і адаптується проектне забезпечення.

Стадія 7. Введення в експлуатацію.

Проводиться підготовка об'єкта до введення в дію, підготовка обслуговуючого персоналу. Виконуються будівельно-монтажні роботи, пусканалагоджувальні роботи, проводяться попередні випробування, проводиться дослідницька експлуатація.

Стадія 8. Супроводження АС.

Проводяться приймальні випробування відповідно з гарантійними зобов'язаннями, а також післягарантійне обслуговування системи.

Послідовність стадій проектування наведена на рис. В.1.

Стадії і стани, які виконуються організаціями – учасниками робіт по створенню АС, устанавлюються в договорах.

Допускається виключати стадію «Ескізний проект», а стадії «Технічний проект» і «Робоча документація» допускається об'єднувати в одну стадію, яка називається «Техноробочий проект» для нескладних об'єктів і проектів повторного застосування.

Кожна стадія складається з окремих етапів, які є конкретними до кожного окремого випадку.

Особливу увагу необхідно звернути на оформлення технічної документації і оформлення договірних документів.

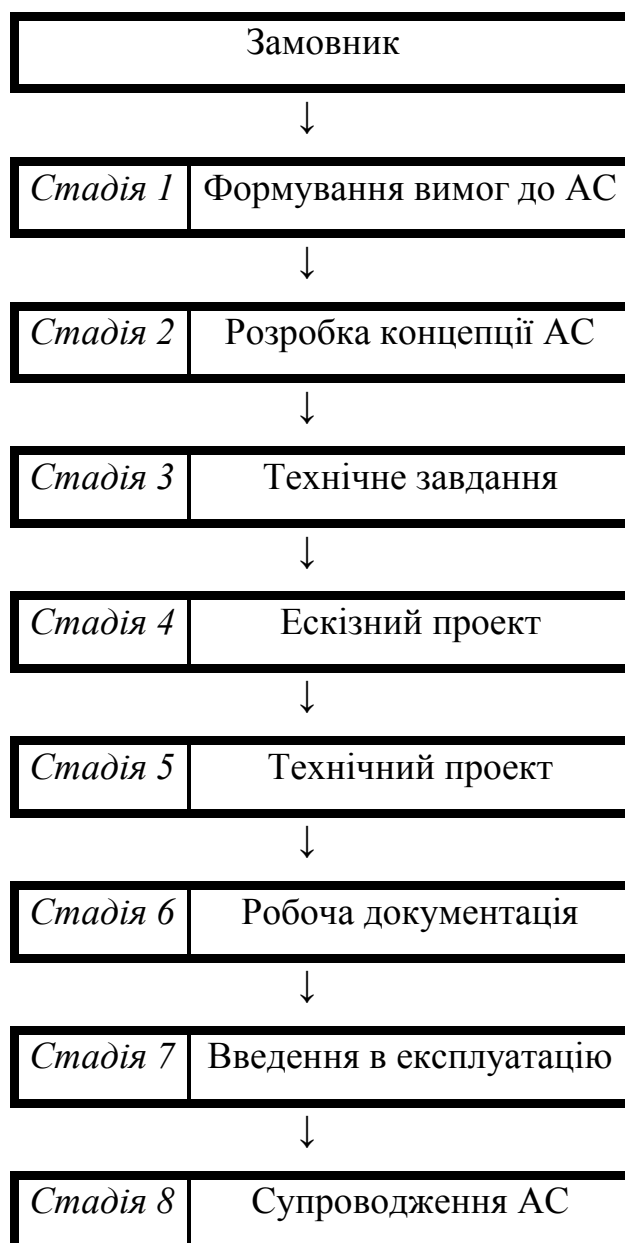


Рис. В.1 – Стадії проектування

Перелік організацій, які приймають участь в створенні АС

1. Організація-замовник (користувач) для якої створюється АС і яка забезпечує фінансування, приймання в експлуатацію, а також виконує самостійно окремі роботи по створенню АС.

2. Організація-розробник, яка виконує роботи (проекти) по створенні АС, надає замовнику сукупність науково-технічних послуг на різних стадіях і етапах створення АС. Вона також розробляє і постачає різні програмні і технічні засоби АС.

3. Організація-постачальник, яка виготовляє і постачає програмні і технічні засоби по замовленню розробника або замовника.

4. Організація-генпроектувальник об'єкта автоматизації (іноді її називають «Генеральний проектувальник»).

5. Організації-проектувальники різних частин проекту системи автоматизації для проведення будівельних, електротехнічних, санітарно-технічних і інших робіт, які пов'язані зі створенням АС. Такі організації називають субпідрядними («субпідрядники»), вони на договірних умовах виконують вказані роботи.

6. Організації будівельних, монтажних, налагоджувальних робіт і інші.

Примітка: Проектна справа та документація повинна виконуватися виключно згідно діючих стандартів, рекомендацій та методик, які затверджені відповідними державними компетентними органами та установами.

Етапи реалізації проекту і їх зміст

Схема керівництва інженерною діяльністю при проектуванні і впровадженні проекту ілюструється рисунком В.2.

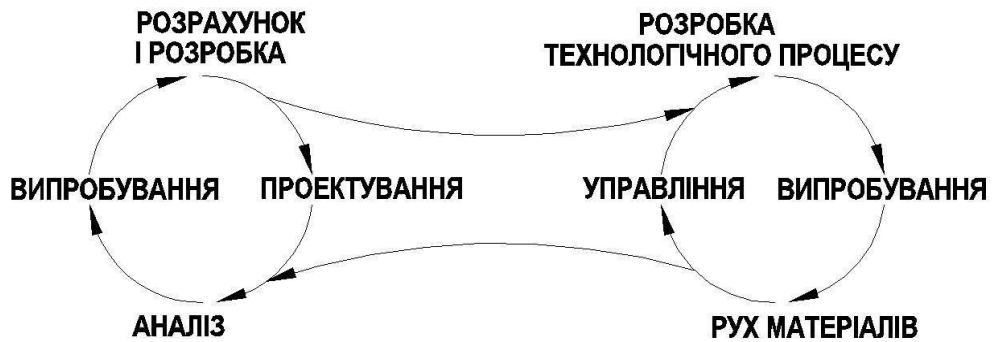


Рис. В.2 – Схема керівництва інженерною діяльністю у проектуванні і впровадженні нового технологічного процесу.

Як видно із рис. В.2, і як показує практика, розрахунок і розробка, проектування, керування повинно повністю знаходитись в компетенції інженерного персоналу. Інші стадії можуть виконуватись персоналом більш низької кваліфікації під керівництвом також інженерів.

При проектуванні оригінальних автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП), а також для об'єктів з недостатньо освоєною технологією із застосуванням нового устаткування необхідно проводити комплекс техніко-економічних досліджень і науково-дослідних робіт який складається з:

- а) визначення основних задач і черговості їх реалізації;
- б) уточнення умов роботи об'єкта і умов його оптимального керування;

в) вивчення роботи устаткування і параметрів його функціонування.

На цій стадії необхідно побудувати математичну модель і вибрати керуючі впливи, визначити критерії керування і розробити алгоритми функціонування систем; розробити складні (не типові) схеми автоматизації і засоби контролю та керування.

Ці матеріали в формі звіту додаються до технічного проекту.

Крім цих матеріалів, розробники проекту автоматизації передають відділенням і замовнику такі завдання:

а) на забезпечення електроенергією, стиснутим повітрям, на теплоізоляції трубопроводів;

б) на приміщення для централізованого управління;

в) на забезпечення виробничого зв'язку;

г) на розміщення відбірних і приймальних пристроїв, первинних приладів, регулюючих органів;

д) на фундаменти.

Якщо проект виконується на базі науково-дослідних робіт до його складу повинні бути внесені такі матеріали:

а) рекомендації і вимоги до складу комплексу і комплекту засобів систем керування;

б) дані по пріоритету і часовим характеристикам вирішення задач керування;

в) результати науково-дослідних робіт з машинними алгоритмами.

До складу технічного проекту додаються:

а) блок-схема управляючого обчислювального комплексу (УОК);

б) технологічна схема збирання, переробки і видачі інформації;

в) плани розміщення засобів УОК;

г) заявочні відомості облаштування УОК;

д) нормативно-довідкова інформація, бази даних.

До складу «Робоча документація», крім раніше названих, повинні входити наступні матеріали:

- а) технологічна схема збирання, обробки і видачі інформації;
- б) альбом форм документів функціонування системи;
- в) нормативно-довідкова інформація;
- г) машинні алгоритми і роботи програми з їх описом і інструкціями;
- д) таблиці і дані характеристик засобів УОК;
- є) перелік стандартних і тестових програм, які використовуються в математичному забезпеченні;
- е) схеми з'єднань засобів контролю і керування;
- ж) монтажні креслення мереж живлення передачі інформації і встановлення УОК;
- з) замовні специфікації (відомості);
- і) опитувальні листи.

Проект складається із креслень і текстових матеріалів (документів), які повинні бути зброшуровані окремо.

1. СХЕМИ КЕРУВАННЯ

Схеми керування можна умовно поділити на три основних види:

- 1) структурні схеми АСКТП;
- 2) структурні схеми контролю та керування;
- 3) схеми автоматизації.

Структурні схеми в системах керування технологічними процесами повинні враховувати адміністративно-оперативну структуру управління, яка прийнята для даного виробництва.

1.1.Структурні схеми АСКТП

Відомо, що АСКТП представляє сукупність методів (структурно-алгоритмічна частина) і технічних засобів (матеріальна частина), які забезпечують найбільш ефективне виконання функцій керування на основі економічно-математичних методів, засобів збирання, передачі, збереження і обробки інформації, спрямоване на оптимізацію керування.

Структурною схемою називають документ, що визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення та взаємозв'язки.

Структурні схеми АСКТП повинні враховувати кількість ступенів керування, кількість диспетчерських пунктів.

До технічної документації АСКТП відносять такі документи:

а) СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ, яка містить:

1) елементи функціональної структури АС (підсистеми АС); автоматизовані функції та (або) задачі (комплекси задач); сукупності дій

(операцій), які виконують під час реалізації автоматизованих функцій тільки технічними засобами (автоматично) або тільки людиною;

2) інформаційні зв'язки між елементами та із зовнішнім середовищем із коротким зазначенням змісту повідомлень та (або) сигналів, які передають по зв'язкам, та при необхідності, зв'язки інших типів (входження, підпорядкування і т. д.);

3) деталізовані схеми частин функціональної структури (при необхідності).

Елементи схеми функціональної структури АСУ вказують на схемі умовними позначеннями (прямокутник із відношенням сторін $b = 1,5a$, де a обирають з ряду 20, 25, 35, 40 мм). Зміст повідомлень та сигналів вказують умовними позначеннями на зв'язках між елементами схеми. У пояснюючих написах відображують відношення елементів схеми до рівнів, об'єктів, підрозділів керування і т. п.

б) СХЕМА ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ (рис. 1.1) містить:

1) склад підрозділів (посадових осіб) організації, які забезпечують функціонування АС або використовують при прийнятті рішень інформацію, яка отримана від АС;

2) основні функції і зв'язки між підрозділами та окремими посадовими особами, які вказані на схемі, та їх підпорядкування.

Елементами схеми можуть бути умовні позначення структурних підрозділів, служб, пунктів управління та окремих посадових осіб, що реалізують функції управління. У пояснюючих написах можуть бути вказані функції і задачі управління, що реалізуються повністю або частково елементами схеми. Умовні позначення такі самі, як для схеми функціональної структури.



Рис. 1.1 – Структурна схема АСК ТП хімічного виробництва

в) СХЕМА СТРУКТУРНА КОМПЛЕКСА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ (КТЗ) (рис. 1.2) містить склад комплексу технічних засобів та зв'язки між цими технічними засобами або групами технічних засобів, які об'єднані за логічними ознаками (наприклад, спільному виконанню окремих або декількох функцій, однаковому призначенню і т. д.). При виконанні цих схем допускається:

- 1) вказувати основні характеристики технічних засобів;
- 2) представляти структуру КТЗ АС (при необхідності) декількома схемами, першою з яких є укрупнена схема КТЗ АС в цілому.

Елементами схеми можуть бути умовні позначення окремих технічних засобів або їх груп. На схемі відображають інформаційні (сигнальні) зв'язки між елементами. У пояснюючих написах наводять дані сполучення (ранг сполучення, вид носія, код пристрою і т. п.). Умовні графічні позначення технічних засобів відповідно ГОСТ 24.303-80.

г) СХЕМА ПОДІЛУ СИСТЕМИ (структурна) містить основні функціональні складові частини (структурні елементи), які визначають склад системи, підсистеми, їх взаємозв'язки та призначення у системі, підсистемі.



Примітки.

КВПіА - контрольно-вимірювальні прилади і автоматика

ЗОТ - засоби обчислювальної техніки

ТОУ - технологічний об'єкт управління

Рис. 1.2 – Структурна схема комплексу технічних засобів

1.2.Схеми автоматизації

Схеми автоматизації є основним технічним документом, пояснюючим процеси, які відбуваються в системі, визначають структуру і рівень автоматизації технологічного процесу, а також забезпеченість приладами і засобами автоматизації, організацію пунктів контролю, захисту і керування, забезпеченість засобами збирання, обробки і передачі інформації.

Ці схеми являються основним матеріалом для розробки подальших проектних матеріалів, заявочних відомостей і специфікацій. Оформлення схем автоматизації повинно відповідати державним стандартам згідно ДСТУ Б А.2.4-3:2009 і галузевим технічним умовам.

При виконанні схем автоматизації враховується склад і зміст задач по контролю і управлінню технологічним процесом та організація пунктів контролю і керування, зв'язок між місцевими системами керування, окремими об'єктами і центральною системою керування.

Схему автоматизації розробляють на основі технологічної схеми і на ній зображують:

- а) технологічне устаткування і комунікації (трубопроводи, газоходи і т.п.);
- б) технічні засоби автоматизації (прилади, регулятори, виконуючі механізми, а також щити, пульти, електроапарати і інші засоби автоматизації);
- в) лінії зв'язку (тонкими лініями) між окремими технічними засобами, які зв'язують окремі технічні засоби і утворюють відповідний контур;

- г) технологічне устаткування в спрощеному варіанті, не показуючи ті елементи, які не взаємодіють з контролем і автоматикою;
- д) таблицю умовних графічних і літерних позначень.
- е) пояснюючі написи.

Схеми автоматизації виконують двома способами:

а) спрощений спосіб виконання схем автоматизації, при якому на схемі зображують основні функції контурів контролю та керування (без виділення окремих технічних засобів автоматизації, що до них входять, та зазначення місця розташування). В нижній частині схеми наводять таблицю контурів із зазначенням номерів контурів та номерів аркушів основного комплексу, на яких наведений склад кожного контуру (ДСТУ Б А.2.4-3:2009);

б) розгорнутий, при якому на схемі зображують склад і місце знаходження технічних засобів автоматизації кожного контуру контролю і керування. Технологічне устаткування зображують в верхній частині креслення, в нижній – щити, пульти (рис. 1.3).

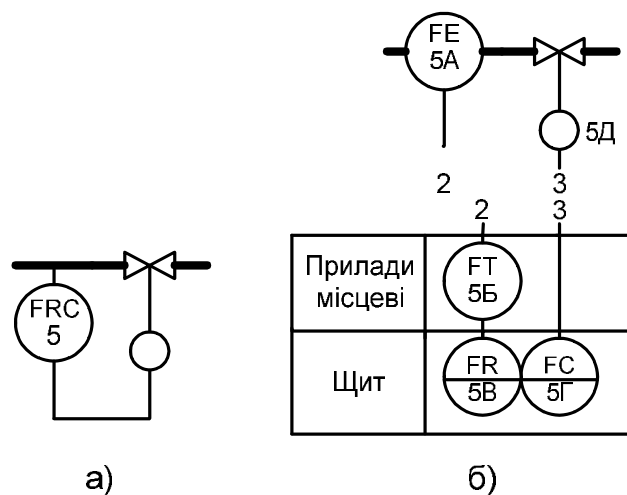


Рис. 1.3 – Спрощений (а) і розгорнутий (б) способи зображення схеми автоматизації

Спрощений спосіб виконання схем автоматизації не рекомендується для виконання проектів у навчальному процесі. Далі розглядається тільки розгорнутий спосіб виконання схем автоматизації.

Складні технологічні схеми допускається розділяти на окремі технологічні вузли. На схемах автоматизації приводяться пояснення, на основі яких документів вони розроблені.

Для однотипних технологічних об'єктів, які мають однакове оснащення автоматикою, схеми повинні бути однаковими, що відмічається в пояснювальних написах і враховується в подальших матеріалах проекту. Тобто схема виконується для одного із них і необхідно давати пояснення “Схема автоматизації виконана для агрегату №1; для агрегатів №2–№6 схеми аналогічні агрегату №1”. Прилади для контролю і регулювання показують один раз і біля їх умовного позначення проставляється кількість в штуках.

1.2.1 Зображення технологічного устаткування і комунікацій

Зображення технологічного устаткування на функціональній схемі (апарати, комунікації і т.п.), як правило, повинно відповідати своїй дійсній конфігурації або схемі, прийнятій в технологічній частині проекту. Його відображають у спрощеному вигляді (без масштабу і другорядних конструкцій) або за прийнятим умовним схематичним зображенням.

Внутрішні деталі і елементи устаткування показують тільки в тих випадках, якщо вони взаємодіють з засобами автоматизації.

Технологічне обладнання зображують з урахуванням вимог таких стандартів:

- а) обладнання – за ГОСТ 2.780, ГОСТ 2.782, ГОСТ 2.788, ГОСТ 2.789, ГОСТ 2.790, ГОСТ 2.791, ГОСТ 2.792, ГОСТ 2.793, ГОСТ 2.794, ГОСТ 2.795;
- б) комунікації в залежності від середовищ, що транспортуються, згідно з додатком 3 ГОСТ 14202;
- в) трубопровідну запірну арматуру, яка використовується в системах автоматизації (не регулюючу) – за ГОСТ 2.785.

Комунікації технологічних трубопроводів, газопроводів показують умовними позначеннями з показом напрямку руху середовища. На трубопроводах показують тільки ті вентилі, засувки, які приймають участь в системі контролю і регулювання. На технологічних потоках (трубопроводах) ставлять стрілки з пояснюючими написами на входах і виходах. Якщо це пара або газоподібний потік, то стрілки не зарисовують, якщо це рідина або тверда речовина – зарисовують (рис. 1.4).

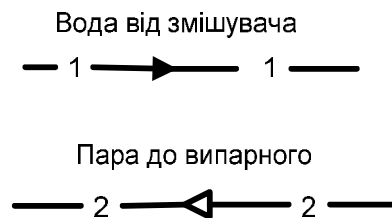


Рис. 1.4 – Зображення комунікацій

Технологічні комунікації та трубопроводи рідини і газу позначають використовуючи літерно-цифрові або цифрові позначення, що характеризують вид речовини в трубопроводі, її призначення та параметри (табл. 1.1).

Літерою або першою цифрою позначають вид середовища, що транспортується, наступними цифрами – призначення та/або параметри середовища.

Умовні цифрові позначення трубопроводів варто проставляти через відстані не менш 50мм (рекомендується 100÷150мм) на полицях-виносках або над графічним позначенням трубопроводу, або, при необхідності, в розривах ліній трубопроводів (ГОСТ 21.206 – 93) (рис. 1.5).

Таблиця 1.1 – Умовні цифрові позначення трубопроводів для рідин і газів (ГОСТ 14202 додаток 3)

Цифрове позначення	Найменування речовини, що транспортується трубопроводом
1	Вода:
1.1	вода питна
1.2	вода технічна
1.8	вода конденсат
2	Пара
3	Повітря:
3.1	повітря атмосферне
3.5	повітря стиснене
3.7	кисень
3.8	вакуум
4	Горючі газы:
4.4	аміак
4.5	водень
4.6	вуглеводні
4.7	окис вуглецю
5	Газы негорючі:
5.1	азот
5.3	хлор

Продовження таблиці 1.1

Цифрове позначення	Найменування речовини, що транспортується трубопроводом
5.4	вуглекислий газ
5.5	інертні гази
6	Кислоти:
6.1	сірчана
6.2	соляна
6.3	азотна
7	Луги
8	Рідини горючі
9	Рідини негорючі
0	Інші речовини:
0.1	порошкоподібні матеріали
0.2	сипкі матеріали зернисті

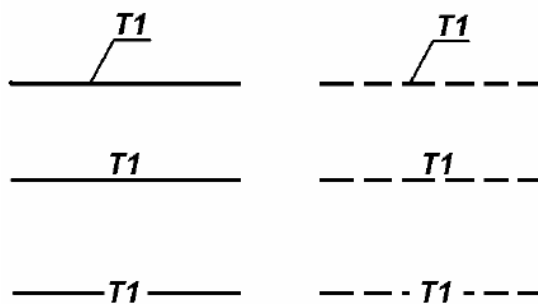


Рис. 1.5 – Нанесення позначення трубопроводу

Для трубопроводів, на яких передбачається установка відбірних пристроїв і регулювальних органів, указують діаметри умовних проходів (Dy).

На технологічних апаратах роблять пояснюючі написи або позиції за технологічною схемою (рис. 1.6). Позначення П1 розшифровується в таблиці умовних позначень, наприклад, як «Підігрівач №1».

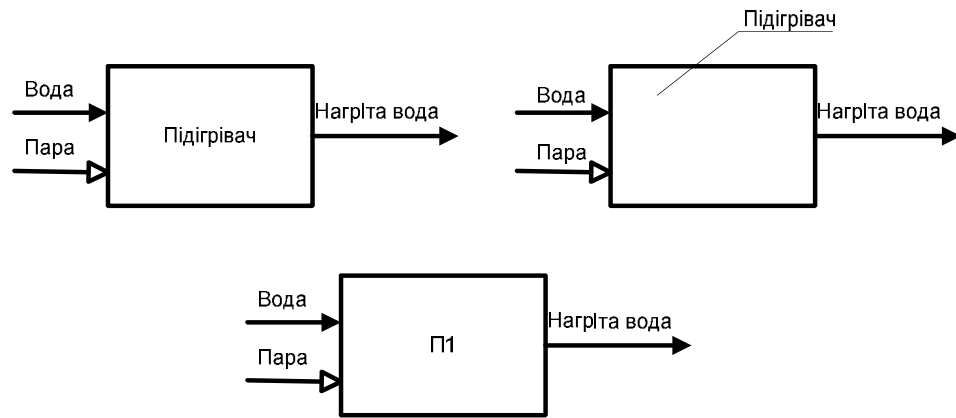


Рис. 1.6 – Пояснювальні написи на схемах автоматизації

Рекомендується в якості позиційних позначень технологічних апаратів використовувати комбінацію літери та цифри, які розшифровуються у таблиці умовних позначень.

Бувають випадки (при узгодженні із замовником) коли технологічне устаткування не показують взагалі, а зображується тільки умовний прямокутник із поділом на частини (зони) технологічного процесу (рис. 1.7).

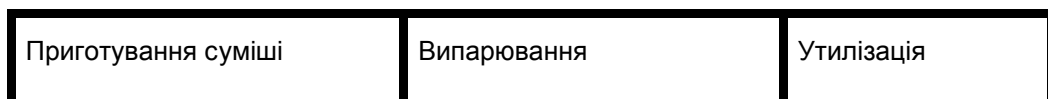


Рис. 1.7 – Спрощене умовне зображення технологічного процесу

1.2.2 Зображення приладів і засобів автоматизації

Прилади і засоби автоматизації згідно ДСТУ Б А.2.4–16 мають графічне позначення (табл. 1.2) і літерне позначення (табл.1.3).

Умовні графічні зображення виконують суцільною товстою основною лінією, а розділову межу всередині зображення і лінії зв'язку – суцільною тонкою лінією (ГОСТ 2.303).

Відбірний пристрій не має спеціального позначення, а подається у вигляді тонкої суцільної лінії, яка з'єднує технологічний трубопровід або апарат з первинним перетворювачем або приладом. При необхідності вказати конкретне місце розташування відбірного пристрою (в середині контуру апарата) його позначають колом діаметром 2,5 мм (рис. 1.8).

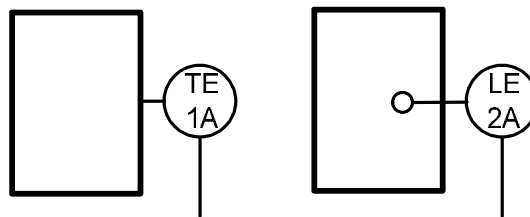
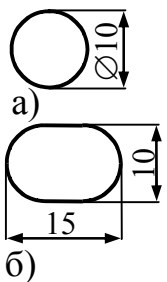
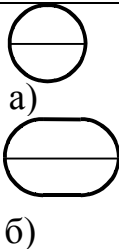
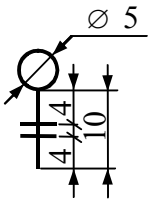


Рис. 1.8 – Позначення відбірних пристроїв і первинних перетворювачів


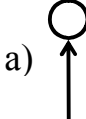
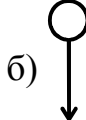
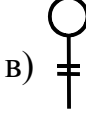
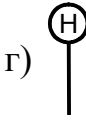
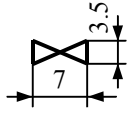

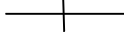

При використанні в проекті засобів автоматизації, які поставляються комплектно з технологічним устаткуванням, дається відповідне пояснення, наприклад «Прилади 2А, 17Б, 19Б, поставляються комплектно з компресором». Засоби автоматизації, які вмонтовані в технологічні апарати або комунікації механічно зв'язані з ними, зображають безпосередній близькості до них (звужуючі засоби, термоелектричні перетворювачі і т.п.)

Електричні апарати, які входять до складу схеми автоматизації (дзвінки, сирени, гудки, сигнальні лампи, електродвигуни і т.п.) позначають за допомогою умовних графічних позначень згідно ГОСТ 2.722, ГОСТ 2.732, ГОСТ 2.741 та присвоюють умовні літерні позначення згідно ГОСТ 2.710, які проставляють праворуч від їх умовного графічного позначення.

Таблиця 1.2 – Умовні позначення засобів автоматизації

Найменування	Позначення
<p>Первинний вимірювальний перетворювач (датчик): прилад, що встановлюється поза щитом (місцевий) на технологічному трубопроводі, апараті, стіні, підлозі, колонні, металоконструкції:</p> <p>а) основне позначення</p> <p>б) допустиме позначення</p>	
<p>Прилад, встановлюваний на щиті, пульті:</p> <p>а) основне позначення</p> <p>б) допустиме позначення</p>	
<p>Виконавчий механізм (розміри графічного зображення)</p>	

Продовження таблиці 1.2

Найменування	Позначення
Виконавчий механізм. Загальне позначення. Положення регулювального органу при припиненні подачі енергії або керуючого сигналу не показується	
<p>Виконавчий механізм, який при припиненні подачі енергії чи керувального сигналу:</p> <p>а) відкриває регулювальний орган</p> <p>б) закриває регулювальний орган</p> <p>в) залишає регулювальний орган у незмінному стані</p> <p>г) з додатковим ручним приводом</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p>
Регулюючий орган	
Лінія зв'язку	
Перетин ліній зв'язку без з'єднання	
Перетин ліній зв'язку зі з'єднанням	

Допускається використовувати додаткові графічні позначення, не передбачені ДСТУ Б.А.2.4–16, але в цьому випадку вони мають бути розшифровані в схемі у «Таблиці умовних позначень».

Таблиця 1.3 – Літерні умовні позначення

Позна- чення	Вимірювана величина		Функціональна ознака приладу		
	основне позначення вимірюваної величини (перша літера)	додаткове позначення, що уточнює вимірювану величину	відобра- ження інформації	формування вихідного сигналу	додаткове значення
1	2	3	4	5	6
A	+	—	Сигналізація	—	—
B	+	—	—	—	—
C	+	—	—	Автоматичне регулю- вання, управління	—
D	Густина	Різниця, перепад	—	—	—
E	Електрична величина	—	+	—	—
F	Витрата	Співвідно- шення, частка, дріб	—	—	—
G	Розмір, положення, переміщення	—	+	—	—
H	Ручна дія	—	—	—	Верхня межа вимірю- ваної величини
I	+	—	Показання	—	—
J	+	Автоматичне перемі- кання, оббігання	—	—	—
K	Час, часова програма	—	—	+	—

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6
L	Рівень	—	—	—	Нижня межа вимірю- ваної величини
M	Вологість	—	—	—	—
N	+	—	—	—	—
O	+	—	—	—	—
P	Тиск, вакуум	—	—	—	—
Q	Величина, що характеризує якість: склад, концентрацію і т.п.	Інтеграція, підсумовування за часом	—	+	—
R	Радіоактивність	—	Реєстрація	—	—
S	Швидкість, частота	—	—	Включення, відключення, перемикання, блокування	—
T	Температура	—	—	+	—
U	Декілька різнорідних вимірюваних величин	—	—	—	—
V	В'язкість	—	+	—	—
W	Маса	—	—	—	—
X	Резервна літера, що не рекомендується до використання			—	—
Y	+	—	—	+	Перетворення сигналу
Z	+	—	—	+	—

Примітка. Літерні позначення, відмічені знаком "+", є резервними, а відмічені знаком "-" – не використовуються.

Шрифт літерних позначень приймають розміром 2,5 мм.

1.2.3 Лінії зв'язку між приладами і засобами автоматизації

Лінії зв'язку між приладами повинні виконуватись тонкими лініями (0,2...0,3 мм) по найкоротшій відстані з мінімальною кількістю перетинів. Підведення лінії зв'язку до умовного графічного позначення приладу допускається у будь-якій точці позначення (зверху, знизу, збоку). При необхідності на лініях зв'язку стрілкою можна показувати напрямок сигналу. При виконанні складних схем із використанням великої кількості приладів лінії зв'язку можна зображати з розривом, причому на місці розривом ставлять арабську цифру, вказуючи тим самим номер (адресу) лінії у порядку розташування приладів у прямокутнику «Прилади місцеві» (рис. 1.9).

Лінії зв'язку між приладами і контурами контролю та керування зображують на схемах суцільною тонкою лінією незалежно від виду сигналів та кількості проводів і труб. На лініях зв'язку вказують граничні (максимальні або мінімальні) робочі значення величин, що вимірюються (регулюються) за ГОСТ 8.417 або в одиницях шкали приладу, що обирається. Для позначення розрідження (вакууму) ставлять "мінус". Для приладів, що вбудовуються безпосередньо в технологічне обладнання і не мають ліній зв'язку з іншими приладами, граничні значення величин вказують поряд з позначенням приладів.

Допускається перетин ліній зв'язку з зображення технологічного устаткування. Перетин ліній зв'язку з позначеннями приладів не допускається.

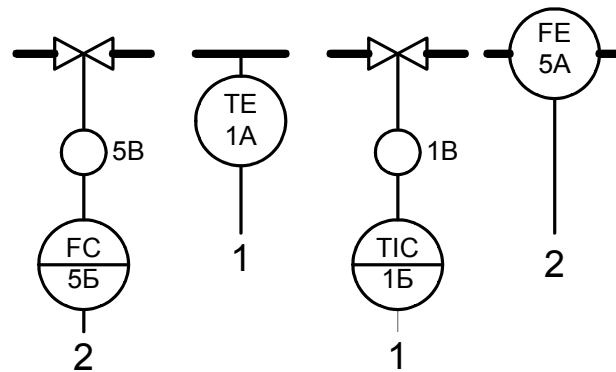


Рис. 1.9 – Фрагмент зображення схем автоматизації з адресою ліній зв'язку

Не рекомендується на лініях зв'язку писати "регулювання", "управління", "вимірювання" і т. п.

Прилади, які вмонтовано в технологічні комунікації, показують в розриві ліній зображення комунікацій а ті, що встановлюються на технологічному обладнанні (за допомогою закладних пристроїв), показують поряд (рис. 1.9).

1.2.4 Позиційні позначення приладів, засобів автоматизації і електроапаратури в схемах автоматизації

Кожен комплект (функціональна група) приладів повинен мати своє позиційне позначення. Комплектом називається сукупність окремих функціонально зв'язаних елементів, які виконують певне завдання (регулювання витрат, вимірювання і сигналізація рівня і т.п.). Окремим приладам, які не входять в комплект (манометри, скляні термометри т.п.)

присвоюється позиція, яка складається з одного номера. Позиції приладів, які входять в комплект складаються з двох частин (ДСТУ Б А.2.4-3:2009):

- а) цифрового позначення комплекту;
- б) літерного великих літер українського алфавіту.

Наприклад: 12А, 14Б, 17А і т.п.

Літери “З” і “О”, які схожі на цифри, використовувати не допускається. Позиційні позначення, які є в схемі автоматизації, використовуються в усіх матеріалах проекту. Літерні позначення присвоюються в кожному комплекті в залежності від проходження сигналу: від пристрою одержання інформації до пристрою дії на керований процес. Наприклад: датчик (поз. 17А) → перетворювач (поз. 17Б) → регулятор (поз. 17В) → виконуючий механізм (поз. 17Г).

Якщо маємо багатоконтурну схему, то всі елементи схеми, які виконують додаткові функції, необхідно віднести до тої функціональної групи, на яку вони діють. Наприклад: при регулюванні співвідношення двох потоків регулятор співвідношення відноситься до складу тої функціональної групи на яку діє провідний вплив по незалежному параметру.

Електроапаратурі (електровимірювальним приладам, сигнальним лампам, табло, гудкам, дзвінкам і т. і.) на стадії "робоча документація" у схемах автоматизації присвоюється літерно-цифрові позиційні позначення, прийняті у принципових електричних схемах.

Позиційні позначення засобів автоматизації повинні зберігатися у всій документації проекту незмінними.

Позиційне позначення приладу проставляється в нижній частині умовного графічного позначення або з правої сторони від нього. Якщо позиція не вміщається в полі, то допускається винесення її за межі позначення (рис. 1.9).

1.2.5 Методика побудови умовних позначень

В верхній частині кола наноситься літерне позначення вимірюваної величини і функціональні ознаки приладу.

Порядок розміщення літерних позначень (зліва направо) повинен бути позначений так як показано на рис. 1.10. Тут наведено приклад приладу реєстрації, регулювання і сигналізації співвідношення витрат. Порядок розміщення літерних позначень функціональних ознак (якщо їх декілька в одному приладі) повинен бути наступним: IRCSA.

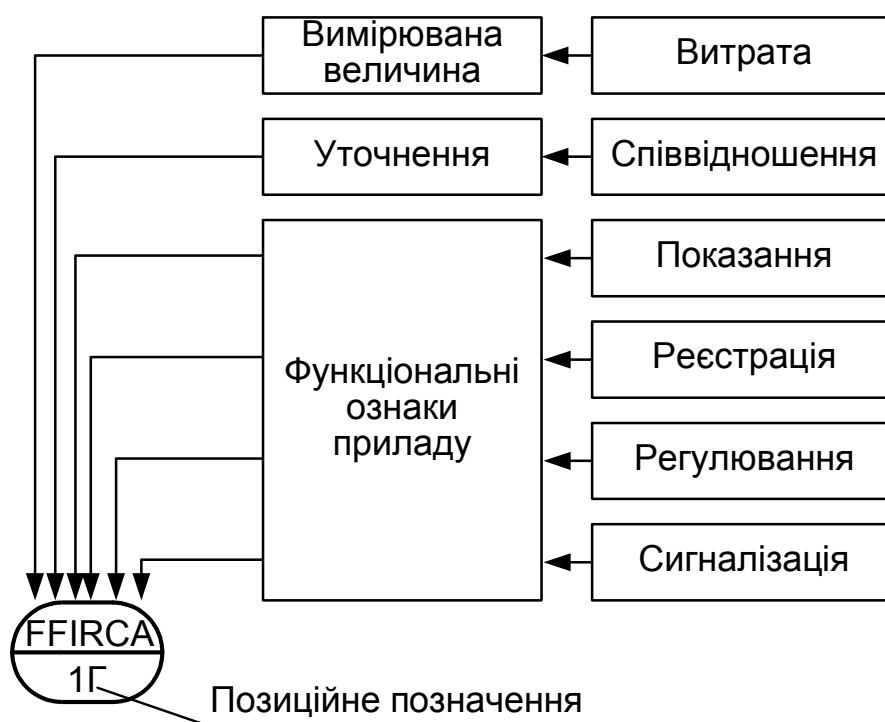


Рис. 1.10 – Приклад побудови умовного літерного позначення приладу індикації, реєстрації, регулювання та сигналізації співвідношення витрат

Слід показувати тільки ті функціональні ознаки, які використовуються в даній схемі. Наприклад, якщо прилад має функції “показання”, “реєстрація” і “сигналізація” (TIRA), а функції: “реєстрація” і “сигналізація” не використовуються, то слід писати ТІ.

При побудові умовних позначень сигналізатора рівня, блок сигналізації якого є безшкальним приладом із контактним пристроєм і вбудованими сигнальними лампами, слід писати:

- а) LS – якщо прилад використовується тільки для вмикання і вимикання насоса, блокування;
- б) LA – якщо прилад використовується для сигналізації;
- в) LSA – якщо використовуються обидві функції по пунктам а) і б);
- г) LC – якщо прилад використовується для регулювання рівня за допомогою контактної пристрою.

В нижній частині графічного умовного позначення наноситься позиційне позначення (цифрове або літерно-цифрове), яке служить для нумерації комплекту вимірювальної чи регулюючої величини по замовленій специфікації проекту. Позиційне позначення електричних апаратів розташовують з права від графічного позначення.

1.2.6 Додаткові умовні позначення

Додаткові літерні позначення, що відображають функціональні ознаки приладів, наведені в табл. 1.4.

Додаткові позначення, які використовуються для побудови позначень перетворювачів сигналів і обчислювальних пристроїв, наведені в табл. 1.5

Таблиця 1.4 – Додаткові літерні позначення функціональних ознак

Найменування	Позначення	Призначення
Чутливий елемент	Е	Пристрої, що виконують первинне перетворення: перетворювачі температури термоелектричні, термоперетворювачі опору, датчики пірометрів, звужуючі пристрої витратомірів тощо
Дистанційна передача	Т	Прилади безшкальні з дистанційною передачею сигналу: манометри, дифманометри, манометричні термометри
Станція керування	К	Прилади, що мають перемикач для вибору виду керування і пристрій для дистанційного керування
Перетворення, обчислювальні функції	У	Для побудови позначень перетворювачів сигналів і обчислювальних пристроїв

Таблиця 1.5

Найменування	Позначення
1. Вид енергії сигналу: електричний; пневматичний; гідравлічний	E P G
2. Вид форм сигналу: аналоговий дискретний	A D
3. Операції, що виконуються обчислювальним пристроєм:	
підсумовування; множення сигналу на постійний коефіцієнт k ; множення двох і більше сигналів один на другий; ділення сигналів один на другий; зведення величини сигналу f до ступеня n ; обчислення кореня ступеня n логарифмування; диференціювання; інтегрування; зміна знаку сигналу; обмеження верхнього значення сигналу; обмеження нижнього значення сигналу	Σ k \times $:$ f^n $\sqrt[n]{}$ lg dx/dt \int $\times(-1)$ max min
4. Зв'язок з обчислювальним комплексом:	
передача сигналу в автоматизовану систему керування технологічним процесом;	B_i
виведення сигналу з автоматизованої системи керування технологічним процесом	B_o

Позначення PE для позначення відбірних пристроїв перетворювачів тиску не використовується.

При побудові умовних позначень перетворювачів сигналів написи, що визначають вид перетворення або операції, наносять праворуч від графічного умовного позначення приладу (рис. 1.11) (ДСТУ Б А.2.4-16 Додаток Б).

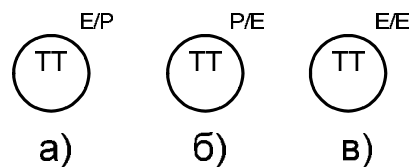


Рис. 1.11 – Умовні позначення перетворювачів:

- а) перетворення електричного в пневматичний сигнал; б) перетворення пневматичного в електричний сигнал; в) перетворення нестандартного електричного сигналу в стандартний електричний сигнал (нормування сигналу)

Необхідно відмітити, що всі пристрої виконані в виді окремих блоків і призначені для ручних операцій на першому місці повинні мати букву Н (рис. 1.12).

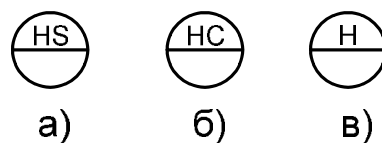


Рис. 1.12 – Позначення приладів з ручними операціями:

- а) перемикач електричних мереж вимірювання, перемикач газових (повітряних) ліній;
б) байпасна панель дистанційного керування; в) кнопки (ключі) для дистанційного керування, задатчики.

Примітка: буква Е, якщо вона стоїть на першому місці, означає будь-яку електричну величину. Для уточнення за межами кола приводяться пояснення (рис. 1.13).

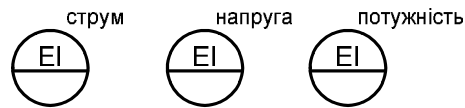


Рис. 1.13 – Позначення приладів із уточненням

При використанні багатоточкового приладу на схемі автоматизації показують тільки один технологічний апарат і один датчик, а біля приладу показують лінії зв'язку від окремих датчиків (рис. 1.14).

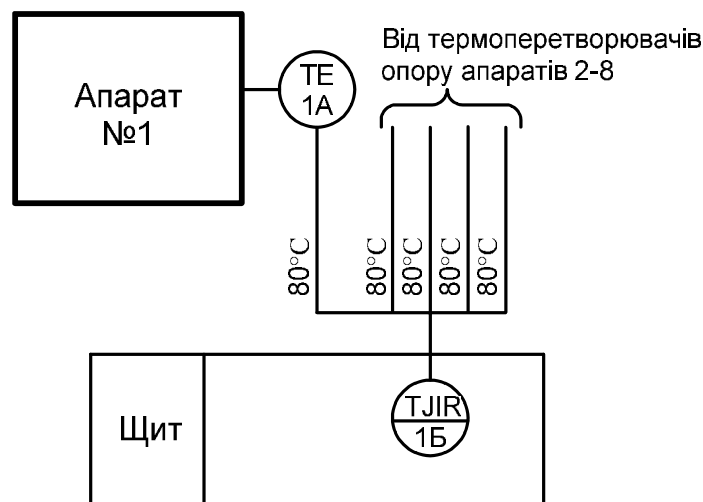


Рис. 1.14 – Схема автоматизації вимірювання температури багатоточковим приладом

1.2.7 Зображення щитів, пультів та комплектних засобів

Щити і пульти зображуються умовно у вигляді прямокутників довільних розмірів, достатніх для розміщення графічних умовних позначень приладів, апаратури сигналізації і т. п. (рис. 1.15).

Прилади місцеві	
Щит автоматики	

Рис. 1.15 – Форма для умовного зображення щита та місцевих приладів

Прилади і засоби автоматизації, які розміщені поза щитами і не вмонтовані в технологічне устаткування, показують в межах прямокутника з написом зліва «Прилади місцеві», який розташовано першим. Прилади і засоби автоматизації, які необхідно установлювати на щитах (пультах), показують в межах умовного прямокутника під заголовком «Щит автоматики», «Щит сигналізації», зображеному у нижній частині схеми автоматизації, відповідно до найменувань, прийнятих в ескізних кресленнях загальних видів; для комплексів технічних засобів – відповідно до їх запису у специфікації обладнання.

При наявності в системі декількох щитів, умовні прямокутники, що відповідають цим щитам, наводять один під одним або розташовують поряд. При наявності в системі керування інших місць розташування приладів, наприклад шафи перетворювачів, їх теж зображають у вигляді умовних прямокутників із відповідним заголовком зліва «Шафа перетворювачів».

При застосуванні агрегованих комплексів або засобів обчислювальної техніки ліворуч наводяться найменування блоків. На рис. 1.16 показано позначення при використанні агрегатного функціонально-апаратного комплексу аналогових засобів пневмоавтоматики "Центр".



Рис. 1.16 – Позначення при застосуванні агрегованих комплексів

Місця входу і виходу сигналів позначаються на прямокутниках крапками $d=1,5...2$ мм. Біля крапок вказується кількість використовуваних каналів.

Оскільки в діючих стандартах та методичних вказівках, щодо складання схем автоматизації, немає жорстких норм, які регламентують оформлення використання у схемах автоматизації контролерів та інших цифрових технічних засобів, проектні організації виконують умовні прямокутники із зображенням функцій цифрових пристроїв виходячи із вимог замовника та зручності використання. На рис. 1.17 наведено ще один з варіантів виконання зображення функцій цифрових пристроїв на схемі автоматизації.

Прилади місцеві					
Прилади встановлені у електрощитовій					
Операторна	Прилади встановлені на щитах контролю та керування (ЩКК)				
	MicroLogix1500	Вимірювання			
		Захист (блокування), керування			
		Сигналізація	Аварійна		
			Попереджувальна		
			Сповіщальна		
	IBM PC	Індикація			
		Реєстрація			
		Дистанційне керування			
		Сигналізація	Аварійна		
			Попереджувальна		
	Сповіщальна				
	ЩКК	Вимірювання			
		Керування			
Сигналізація		Аварійна			
		Попереджувальна			

Рис. 1.17 – Варіант позначення при застосуванні контролерів та засобів обчислювальної техніки

Кількість і назви функцій, які виконують цифрові пристрої, вказують відповідно до конкретної системи керування, орієнтуючись на рекомендації РМ 4–2–96. Наприклад: показання, реєстрація, регулювання, дистанційне керування, сигналізація стану або положення, сигналізація попереджувальна, сигналізація аварійна, захист протиаварійний і т. п.

1.2.8 Графічне оформлення схем автоматизації

Над основним написом по його ширині зверху донизу розміщують таблицю умовних графічних та літерно-цифрових позначень непередбачених стандартами (рис. 1.18). Висота рядків таблиці не лімітується.

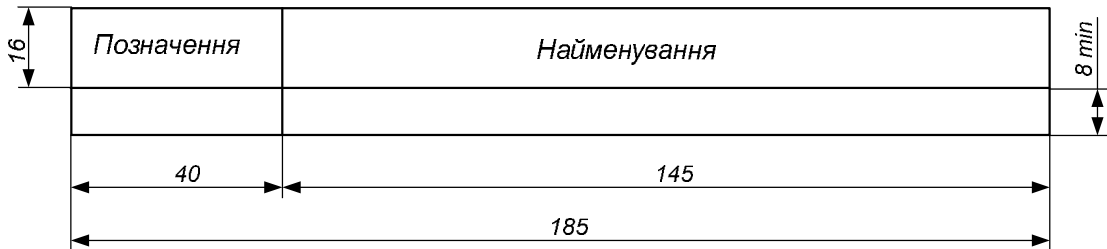


Рис. 1.18 – Форма таблиці умовних позначень

Заповнення таблиці рекомендують проводити в такому порядку:

- а) умовні позначення трубопроводів потоків;
- б) умовні позначення приладів і засобів автоматизації, які не передбачені діючими стандартами;
- в) скорочення, які прийняті для умовних позначень окремих блоків і засобів агрегованих комплексів, обчислювальних машин, контролерів, комплектів телемеханіки;
- г) літерні позначення, які не входять до діючих стандартів.

Наприклад, резервні букви.

Примітка. Застосування букви N для позначення пускової апаратури можна не оговорювати.

Контури технологічного устаткування, трубопроводи, прямокутники щитів і пультів на схемах автоматизації виконують лініями 0,6÷1,5 мм, засобів автоматизації – 0,5÷0,6 мм, лінії зв'язку між засобами автоматизації – 0,2÷0,3 мм. Відстань між паралельними лініями повинна бути не менше ніж 3 мм.

Рекомендується застосовувати такі розміри шрифтів, мм:

- а) для позицій: цифри – 3,5; літери (малі) – 2,5;
- б) для позиційних позначень: літери і цифри – 3,5;
- в) для пояснювального тексту і написів: 3,5...5.

У написах і текстах не допускаються скорочення слів за винятком загальноприйнятих.

Приклади схем автоматизації приведені на рис. 1.19 – 1.23.

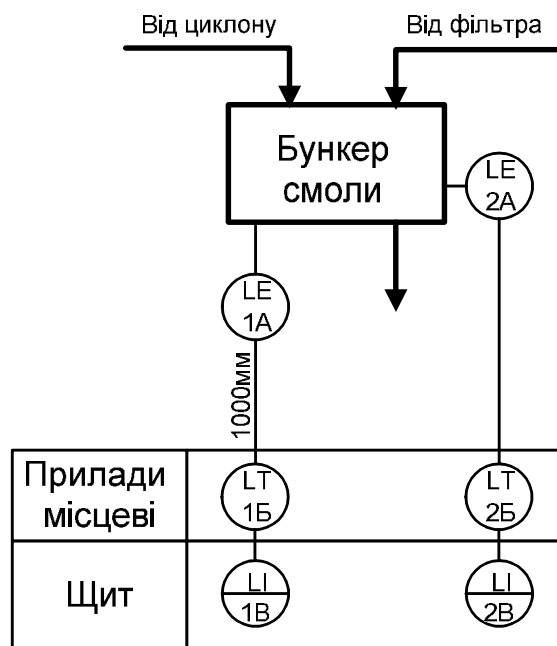


Рис. 1.19 – Схема автоматизації контролю рівня

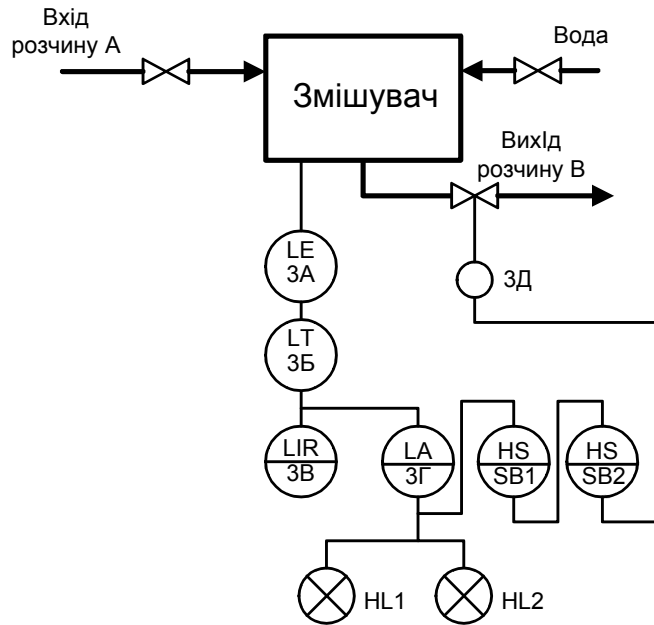


Рис. 1.20 – Схема автоматизованого регулювання і сигналізації рівня у змішувачі

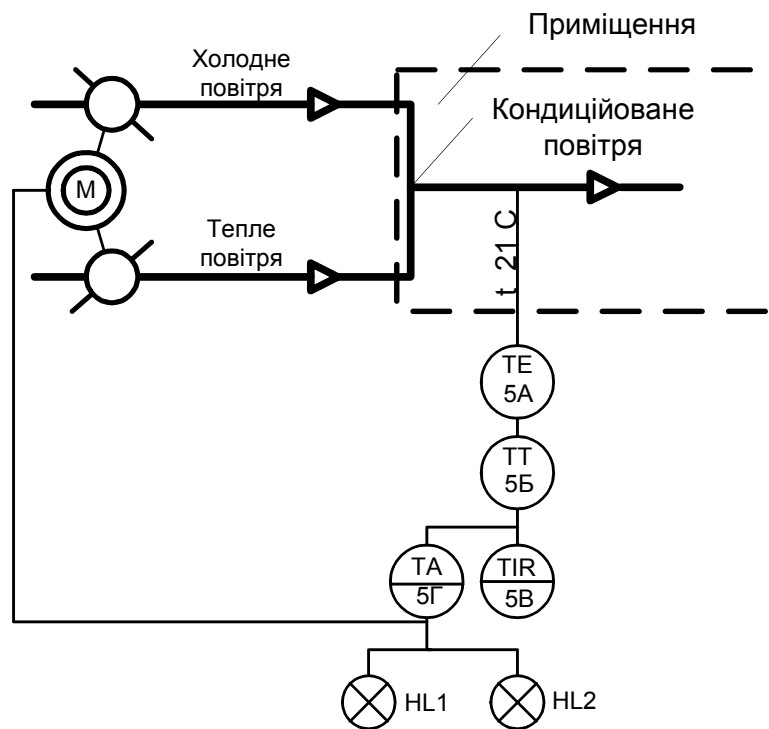


Рис. 1.21 – Схема автоматизованого регулювання і сигналізації температурного режиму в приміщенні

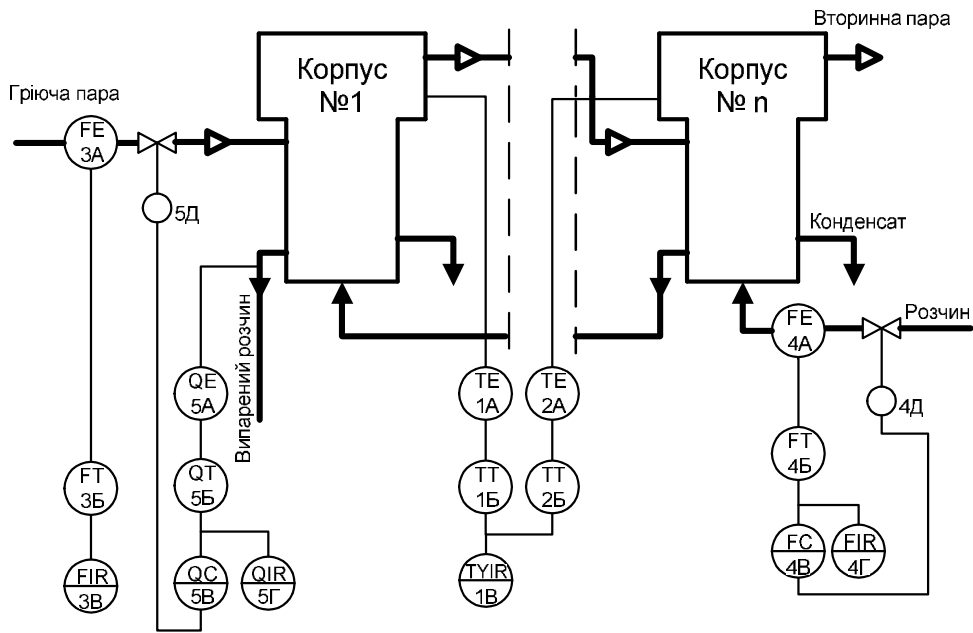


Рис. 1.22 – Схема автоматизації багатокорпусної випарної установки

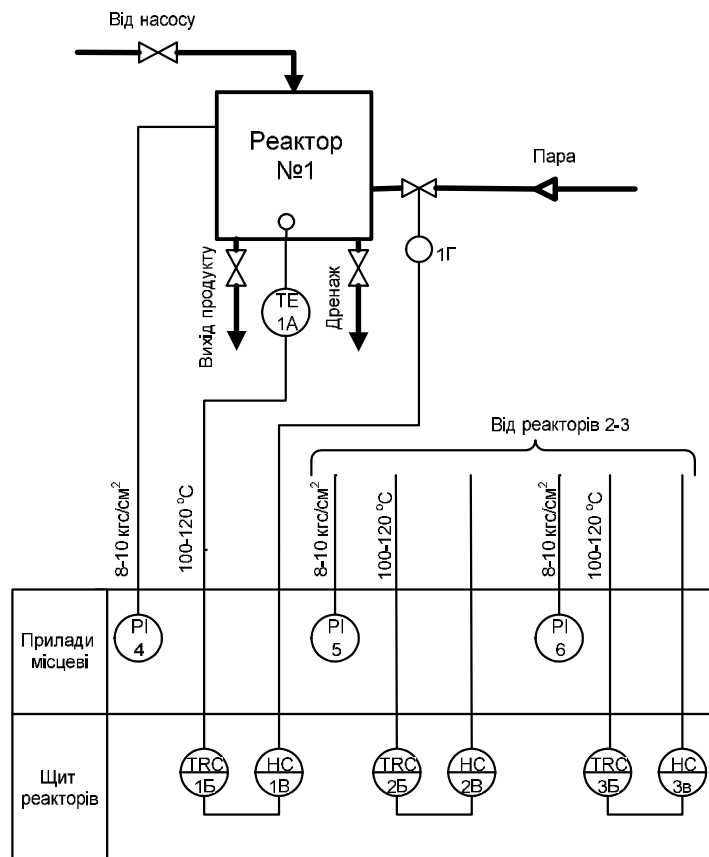


Рис. 1.23 – Схема автоматизації реакторів

1.3. Питання для самостійної роботи

1. Розшифрувати функціональне призначення приладів зображених на рис. 1.19.
2. Розшифрувати функціональне призначення приладів зображених на рис. 1.20.
3. Розшифрувати функціональне призначення приладів зображених на рис. 1.21.
4. Розшифрувати функціональне призначення приладів зображених на рис. 1.22.
5. Розшифрувати функціональне призначення приладів зображених на рис. 1.23.
6. Скласти для схеми на рис. 1.19 контур регулювання рівнем.
7. Виконати схеми, що зображені на рис. 1.20, розгорнутим способом.
8. Виконати схеми, що зображені на рис. 1.21, розгорнутим способом.
9. Виконати схеми, що зображені на рис. 1.22, розгорнутим способом.
10. Замінити на схемах, що зображені на рис. 1.19, локальні засоби автоматизації на контролер.
11. Замінити на схемах, що зображені на рис. 1.20, локальні засоби автоматизації на контролер.
12. Замінити на схемах, що зображені на рис. 1.21, локальні засоби автоматизації на контролер.
13. Замінити на схемах, що зображені на рис. 1.22, локальні засоби автоматизації на контролер.
14. Замінити на схемах, що зображені на рис. 1.23, локальні засоби автоматизації на контролер.

2. СХЕМИ ПРИНЦИПОВІ

В проектах автоматизації технологічними процесами в залежності від призначення та засобів автоматизації, що застосовуються, розробляють:

– принципіві електричні та пневматичні схеми контурів контролю, регулювання, керування та сигналізації;

– принципіві електричні та пневматичні схеми живлення.

Принципові електричні схеми керування електроприводами обладнання та трубопровідної арматури включають до складу основного комплексу при керуванні ними з щитів і пультів систем автоматизації.

Принципові схеми контурів контролю та регулювання допускається не розробляти, якщо взаємні зв'язки приладів і апаратів, що до них входять, прості та однозначні і можуть бути показані на інших кресленнях основного комплексу. Допускається сполучення схем різного функціонального призначення (наприклад, схеми живлення зі схемою керування) з дотриманням правил виконання цих схем, що наведені нижче.

2.1.Схеми електричні принципіві

Схеми електричні принципіві виконуються на стадії «Робоча документація». Розробляють такі схеми електричні:

- 1) схеми електричні принципіві живлення;
- 2) схеми електричні принципіві сигналізації і блокування;
- 3) схеми електричні принципіві контролю і автоматизації;
- 4) схеми електричні принципіві керування електродвигунами і виконуючими механізмами.

На основі цих схем розробляються: монтажні схеми щитів і пультів, схеми зовнішніх з'єднань, схеми електричні контролю і автоматизації, схеми електричні принципові сигналізації і блокування та ін. Вони використовуються при монтажі і наладці системи автоматизації, а також дають можливості для вивчення принципу дії системи автоматизації.

Схеми електричні принципові виконуються, як правило, стосовно до окремих установок або ланок автоматизованої системи (наприклад, «Схема електрична принципова регулювання рівня», «Схема електрична принципова сигналізації роботи випарної установки»). При виконанні цих схем використовується розвернуте зображення елементів автоматизації.

2.1.1 Основні вимоги, які висуваються до електричних схем

1. **Надійність.** Це – спроможність схеми працювати безвідмовно на протязі певного часу в заданому режимі. Ця умова виконується за рахунок ряду технічних засобів, таких як застосування достатньо надійних приладів і апаратів, резервування деяких елементів схеми, автоматичний контроль за справністю схеми, блокування, яке не допускає проводити хибні операції.

Проте надмірне ускладнення схеми може знижувати її надійність.

2. **Гнучкість.** Ця вимога передбачає можливість простого і швидкого вибору необхідного режиму роботи, перехід з автоматичного режиму керування на ручне і навпаки, зняття і введення блокувальних зв'язків.

3. **Чіткість дії при аварійних режимах.** Схема керування повинна бути спроектована таким чином, щоб в разі виникнення аварійного режиму це не приводило до паралельного розвитку аварії за рахунок схеми (в самій схемі), так і в об'єкті.

4. **Зручність в експлуатації.** Схема повинна бути спроектована так, щоб її експлуатація була гранично простою, вимагала мінімуму труда і уваги експлуатуючого персоналу, забезпечувала можливість проведення ремонтних робіт з забезпеченням необхідних умов безпеки.

5. **Економічність.** Інколи вартість проводів і кабелів є визначальним фактором, не кажучи про вибір апаратури. Тому при проектуванні схем необхідно враховувати цю обставину.

6. **Оформлення.** Схема повинна бути зручною для читання, графічне оформлення повинно бути максимально простим, не вимагала надмірної кількості пояснюючих написів і приміток. При розробці електричних схем необхідно орієнтуватись на існуючі, а при складанні нових складних схем необхідна експериментальна перевірка і наладка на моделі або дослідній установці.

Електричні схеми виконують за ГОСТ 2.701 та ГОСТ 2.702 та користуючись РМ 4-106-91 .

2.1.2 Правила виконання схем

Схеми електричні принципові керування, регулювання, вимірювання, сигналізації, живлення, що входять до складу проектів автоматизації технологічних процесів, виконують відповідно до вимог державних стандартів за правилами виконання схем, умовним графічним позначенням, маркіруванню ланцюгів і літерно-цифрових позначень елементів схем.

Принципові електричні схеми слід виконувати на аркушах основних форматів за ГОСТ 2.301-68, крім формату А0. Допускається застосовувати додаткові формати А3×3, А4×3, А4×4.

При необхідності розробки у складі одного основного комплексу декількох схем різного функціонального призначення у найменуванні схем допускається вказувати назву функціональних ланок, наприклад:

схема електрична принципова живлення – АТХ.31;

схема електрична принципова керування – АТХ.32 і т.д.

На принципових електричних схемах систем автоматизації, у загальному випадку, слід зображати:

1) ланцюги електроживлення, керування, сигналізації, вимірювання, регулювання, силові ланцюги;

2) контакти апаратів даної схеми, зайняті у інших схемах, і контакти апаратів з інших схем;

3) діаграми і таблиці вмикання контактів перемикачів, програмних пристроїв, кінцевих та шляхових вимикачів, циклограми роботи апаратури;

4) таблиці застосовності;

5) пояснювальну технологічну схему, циклограму роботи обладнання, схему блокувальних залежностей роботи обладнання;

6) необхідні написи, пояснення, технічні вимоги;

7) перелік елементів;

8) основний напис.

Схеми виконуються без дотримання масштабу; дійсне просторове розташування складових частин системи автоматизації як правило не враховується. Вироби та їх частини на схемах показані у відключеному (знеструмленому) стані.

Графічне зображення елементів і лінії зв'язку, які їх з'єднують, необхідно прагнути розташовувати на схемі таким чином, щоб забезпечити найкраще представлення про взаємодію її складових частин. Лінії повинні складатися з горизонтальних і вертикальних відрізків і мати найменше число зламів і перетинань.

Лінії зв'язку показують повністю. Якщо лінії ускладнюють читання схеми допускається їх обривати, місце обриву лінії зв'язку закінчується стрілкою, біля якої вказується позначення ланцюга (див. пп. 2.1.6). Лінії зв'язку що переходять на інший лист, обривають за межами зображення схем, вказується позначення ланцюга і номер аркуша схеми в круглих дужках (рис. 2.1). При переході на іншу схему того ж комплекту робочої документації, що виконана на декількох аркушах, поряд з обривом лінії вказують позначення ланцюга і в круглих дужках позначення схеми і номер її аркуша.

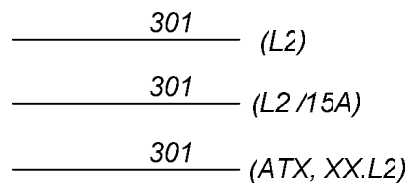


Рис. 2.1 – Позначення обриву ланцюга

Якщо використовується пристрій із самостійною принциповою схемою (наприклад, блок керування електродвигуном), то він показується на схемі у вигляді прямокутника, який окреслено суцільною лінією, що має товщину як і лінії зв'язку. Пристрою присвоюється позиційне позначення.

Елементи, які складають функціональну чи групу пристрій, який не має самостійної принципової схеми, виділяються штрихпунктирною лінією із вказівкою позиційного позначення цієї групи.

Елементи, які не входять в дану схему, але необхідні для пояснення принципу роботи (наприклад, контакти рівнеміра), показують на схемі відокремленими штрихпунктирною лінією із вказівкою адресного позначення елементів.

2.1.3 Умовні графічні позначення

Елементи на схемі зображають у вигляді умовних графічних позначень.

Перелік стандартів, які найчастіше використовуються при виконанні принципів електричних схем, наведено в [10 – 36].

Розміри деяких умовних графічних позначень згідно ГОСТ 2.747 наведені в табл. 2.2. Елементи, розміри котрих не встановлені ГОСТ 2.747, мають бути зображеними в розмірах, в яких вони виконані у відповідних стандартах.

Товщину ліній усіх умовних графічних позначень елементів допускається виконувати рівною товщині електричного зв'язку. Товщини ліній електричного зв'язку на схемах мають бути від 0,2 до 0,6 мм в залежності від форматів схеми і розмірів графічних позначень. Рекомендується товщина лінії електричного зв'язку – 0,3...0,4 мм.

Умовні графічні позначення елементів виконують на схемі або в положенні, в якому вони подані у відповідних стандартах, або повернутими на кут кратний 90° по відношенню до цього положення.

Для пояснення принципу роботи комутаційних пристроїв на контактах цих пристроїв зображають кваліфікуючі символи (табл. 2.1).

2.1.4 Позиційні позначення

Кожен елемент та (або) пристрій, що має самостійну принципову схему та розглядається як елемент, який входить до виробу і зображений на схемі, повинен мати позиційне позначення відповідно ГОСТ 2.702.

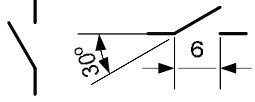
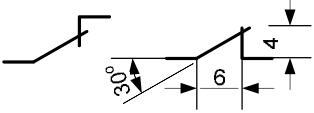
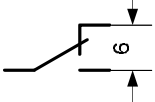
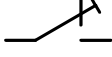

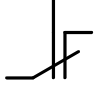


Таблиця 2.1 – Символи, які характеризують функції контактів

Функція	Позначення
1) функція контактора	Ⓚ
2) функція вимикача	×
3) функція роз'єднувача	—
4) функція вимикача - роз'єднувача	Ⓢ
5) функція шляхового або кінцевого вимикача	∇
6) самоповорот	◁
7) відсутність самоповороту	○
8) дугогасіння	⚡

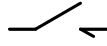
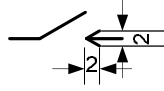
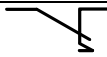
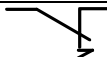
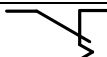
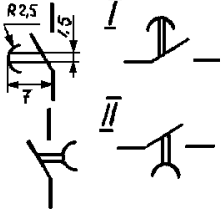
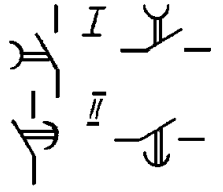
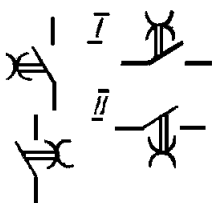
В загальному випадку позиційне позначення елемента складається з кваліфікуючого символу, літерного коду елемента, порядкового номера. При необхідності можна додавати літерні або цифрові групові позначення, які відокремлюються крапкою або чергуванням літери і цифри (наприклад КС25, 25КС, КС.А, 25.1, 1.А1.6)

Позиційні позначення елементам (пристроям) слід присвоювати в межах виробу (установки). Порядкові номери елементам (пристроям) слід присвоювати, починаючи з одиниці, в межах групи елементів, яким на схемі присвоєно однакове літерне позиційне позначення, наприклад, R1, R2, R3 і т. д., С1, С2, С3 і т. д. Порядкові номери повинні бути присвоєні у відповідності із послідовністю розташування елементів або пристроїв на схемі зверху вниз у напрямку зліва направо.




Таблиця 2.2 – Умовні графічні позначення

№ пп	Найменування	Позначення
1	2	3
1	Контакт комутаційного пристрою (вимикача, перемикача, контактора, електричного реле і т. і.):	
	а) замикаючий	
	б) розмикаючий	
	в) перемикаючий	
	г) перемикаючий без розмикання ланцюга	
	д) з подвійним замиканням	
	е) з подвійним розмиканням	
	д) перемикаючий із нейтральним положенням з самоповоротом з лівого положення та без самоповороту з правого	
2	Контакт імпульсний замикаючий:	
	а) при спрацьовуванні (при включенні імпульсно замикається, а потім знову розмикається)	


Продовження таблиці 2.2

1	2	3
	б) при поверненні (при відключенні імпульсно замикається, а потім знову розмикається)	
	в) при спрацьовуванні і поверненні	
3	Контакт імпульсний розмикаючий:	
	а) при спрацьовуванні	
	б) при поверненні	
	в) при спрацьовуванні і поверненні	
4	Контакт замикаючий зі сповільнювачем, що діє:	
	а) при спрацьовуванні (витримка часу на замикання)	
	б) при поверненні (витримка часу на розмикання)	
	в) при спрацьовуванні і поверненні	
	Зауваження: затримка відбувається при русі в напрямку від дуги до її центру	

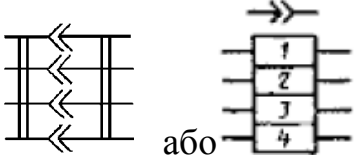

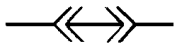
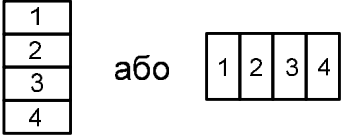
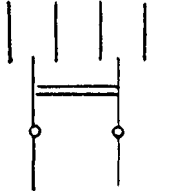
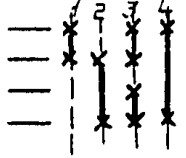
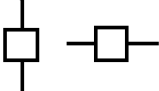
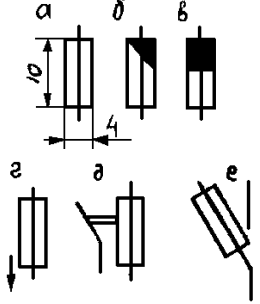
Продовження таблиці 2.2

1	2	3
5	Контакт без самоповороту	
6	Контакт із самоповоротом	
7	Контакт для комутації ланцюга із потужним струмом, що замикає (контакт контактора)	
8	Контакт вимикача	
	Контакт роз'єднувача	
9	Контакт з автоматичним спрацьовуванням	
10	Контакт термореле при рознесеному способі зображення	
11	Вимикач шляховий замикаючий однополюсний	
12	Роз'єднувач триполюсний	
13	Вимикач триполюсний з автоматичним спрацьовуванням максимального струму	
14	Вимикач термічний саморегулювальний	
15	Вимикач ручний	

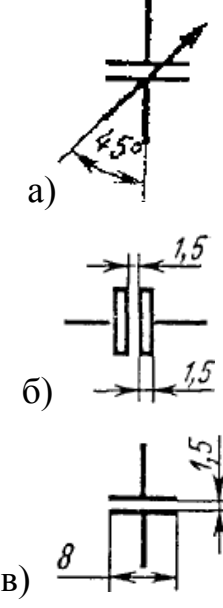
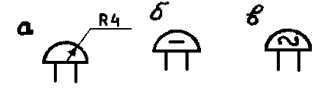
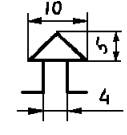
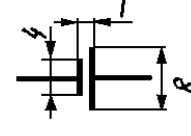
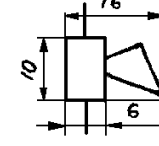
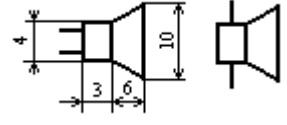

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
16	Контакт замикаючий натискного кнопочового вимикача із розмиканням і поворотом елемента керування:	
	а) автоматично	
	б) повторним натисненням кнопки	
	в) витягуванням кнопки	
	д) з використанням окремого приводу (наприклад, натиснення кнопки-скидання)	
17	Контакт контактної з'єднання:	
	а) рознімного з'єднання	
	штир	
	гніздо	
	б) розбірного з'єднання	
	в) нерозбірного з'єднання	
18	З'єднання контактне рознімне	

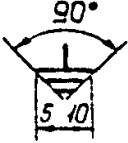
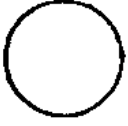

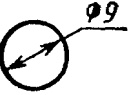
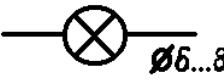
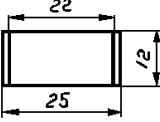
Продовження таблиці 2.2

1	2	3
19	З'єднання контактне рознімне чотирипровідне	
20	Перемичка контактна	
21	Перемичка комутаційна на розмикання	
22	Колодка затискачів	
23	Перемикач двополюсний, трипозиційний із нейтральним положенням	
24	Перемикач із складною комутацією	
25	Вимикач напругою вище 1 кВ	
27	<p>Запобіжник:</p> <p>а) загальне позначення;</p> <p>б) інерційно-плавкий;</p> <p>в) тугоплавкий;</p> <p>г) швидкодіючий;</p> <p>д) із сигналізувальним пристроєм;</p> <p>е) вимикач-запобіжник</p>	

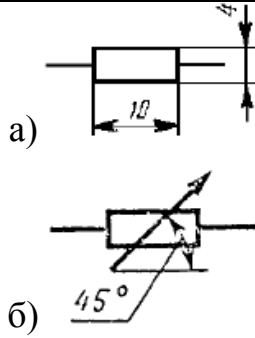
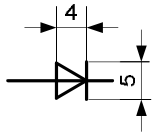
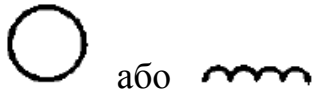


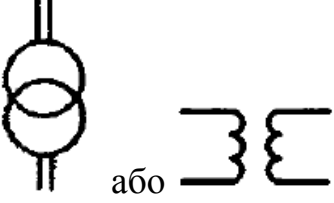
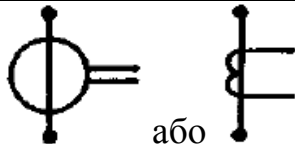
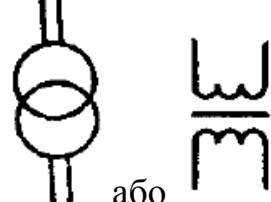
Продовження таблиці 2.2

1	2	3
28	<p>Конденсатор:</p> <p>а) змінної ємності;</p> <p>б) електролітичний;</p> <p>в) постійної ємності</p>	
29	<p>Дзвінок електричний</p> <p>а) загальне позначення;</p> <p>б) постійного струму;</p> <p>в) змінного струму</p>	
30	Сирена електрична	
31	Елемент гальванічний або акумуляторний	
32	Гудок	
33	Гучномовець (репродуктор)	
34	Корпус	

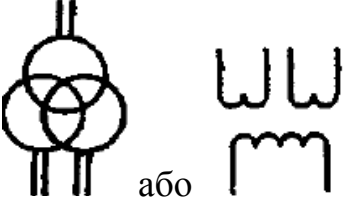
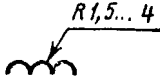
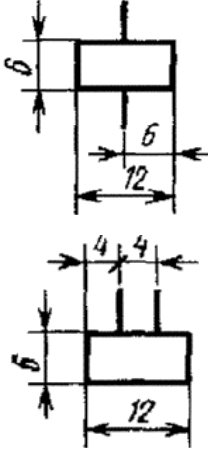
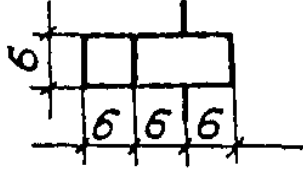
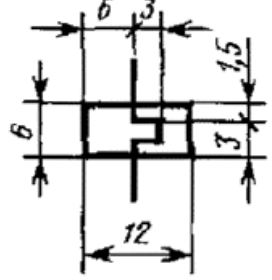

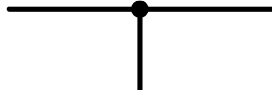
Продовження таблиці 2.2

1	2	3
35	Заземлення	
36	Машина електрична. Загальне позначення	
	<p>Примітка. Всередині кола допускається вказувати такі дані:</p> <p>а) рід машин (генератор – G, двигун – M, генератор синхронний – GS, двигун синхронний – MS, сельсин – ZZ, перетворювач – C);</p> <p>б) рід струму, кількість фаз або вид з'єднання обмоток у відповідності до вимог ГОСТ 2.721-74</p>	
37	Статор електричної машини	
38	Ротор електричної машини	
39	Лампа розжарювання (освітлювальна і сигнальна)	
40	Електричний нагрівач	

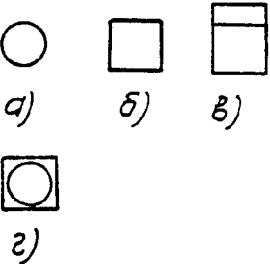

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
41	Резистор а) постійний б) змінний	
42	Діод	
43	Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дроселя і магнітного підсилювача	
44	Магнітопровід феромагнітний	
45	Первинна обмотка трансформатору струму	
46	Трансформатор без магнітопроводу із постійним зв'язком	
47	Трансформатор струму із однією вторинною обмоткою	
48	Трансформатор напруги вимірювальний	









Продовження таблиці 2.2

1	2	3
49	Трансформатор напруги вимірювальний із двома вторинними обмотками	
50	Обмотка	
51	Котушка електромеханічного пристрою (електромагніт, котушка контактора магнітного пускача, електричного реле)	
52	Котушка електромеханічного пристрою із додатковим графічним полем	
53	Сприймальна частина електротеплового реле	
54	Лінія електричного зв'язку. Провід, кабель, шина	
55	Лінія електричного зв'язку із відгалуженнями	






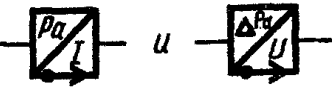

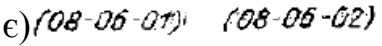
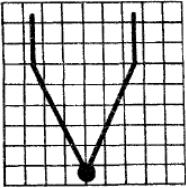

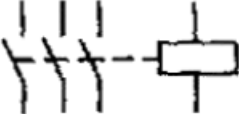

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
57	<p>Прилад електровимірювальний:</p> <p>а) показуючий;</p> <p>б) реєструючий;</p> <p>в) інтегрувальний (напр. лічильник);</p> <p>г) комбінований, показуючий і реєструючий</p>	 <p>а) б) в)</p> <p>г)</p>
58	<p>Для вказівки призначення електровимірювального приладу до його позначення вписують умовні графічні позначення, встановлені в стандартах ЕСКД, а також літерні позначення одиниць вимірювання або величин, що вимірюються:</p>	
	а) амперметр	A
	б) вольтметр	V
	в) вольтметр подвійний	
	г) вольтметр диференційний	ΔV
	д) вольтамперметр	VA
	е) ватметр	W
	є) омметр	Ω
	ж) частотомір	Hz
	з) лічильник ампер-годин	Ah

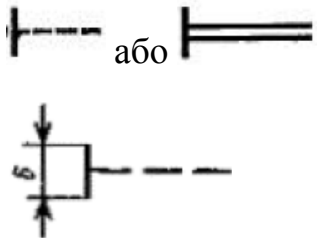
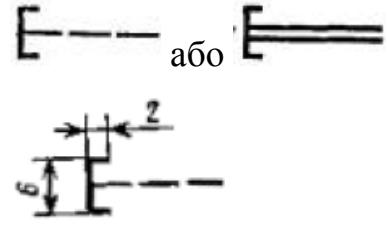
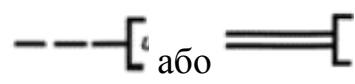
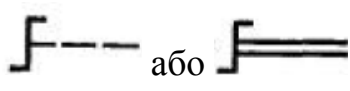
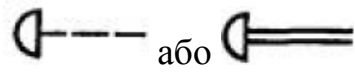
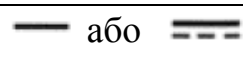

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
	и) лічильник ват-годин	<i>Wh</i>
	і) термометр, пірометр	<i>t°</i> (допускається <i>θ°</i>)
	ї) індикатор полярності	±
	й) тахометр	<i>n</i>
	к) вимірювач тиску	<i>Pa</i> або <i>P</i>
	л) вимірювач рівня рідини	○
59	Кваліфікуючі символи характеристики відлікового пристрою приладу:	
	а) прилад, рухома частина якого може відхилитися в одну сторону від нульової відмітки:	
	вправо	
	вліво	
	б) прилад, рухома частина якого може відхилитися в обидві сторони від нульової відмітки	 або 
	в) прилад з цифровим відліком	
	г) прилад із неперервною реєстрацією (записувальний)	
	д) прилад із точковою реєстрацією (записувальний)	
е) прилад друкувальний із цифровою реєстрацією		

Продовження таблиці 2.2

<p>60</p>	<p>Наприклад:</p> <p>а) вольтметр із цифровим відліком</p> <p>б) вольтметр із неперервною реєстрацією</p> <p>в) амперметр, рухома частина якого відхиляється в обидві сторони від нульової відмітки</p> <p>г) датчик температури</p> <p>д) датчик тиску</p> <p>е) перетворювач неелектричної величини в електричну (наприклад, датчик тиску)</p> <p>є) термоелектричний перетворювач (зображення на схемах)</p> <p>ж) термоелектричний перетворювач (зображення у модульній сітці)</p> <p>з) лічильник ват-годин із реєстрацією максимальної активної потужності</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p> <p>г) </p> <p>д) </p> <p>е) </p> <p></p> <p>є) </p> <p>ж) </p> <p>з) </p>
<p>61</p>	<p>Вимикач електромагнітний (реле)</p>	
<p>62</p>	<p>Лінія механічного зв'язку у електричних схемах</p>	

Продовження таблиці 2.2

63	Привід ручний, загальне позначення	
64	Привід ручний, що приводиться у рух натисканням кнопки*	
65	Привід ручний, що приводиться у рух витягуванням кнопки*	
66	Привід ручний, що приводиться у рух поворотом кнопки*	
	*Передбачається, що привід кнопками має самоповернення	
67	Привід ручний аварійного спрацювання	
68	Постійний струм, основне позначення	
69	Змінний струм, основне позначення	
70	Змінний струм із кількістю фаз m , частотою f , напругою U , наприклад: а) Змінний струм, трифазний, частотою 50 Гц, напругою 220 В б) Змінний струм, трифазний, чотирипроводова лінія (три провода, нейтраль) частотою 50 Гц, напруга 220/380 В	$m \sim f U$ а) 3 ~ 50Гц 220В б) 3N ~ 50Гц 220/380В

Літерні коди елементів (одно- та дволітерні) за ГОСТ 2.710–81 наведені в табл. 2.3, кваліфікуючі символи наведені в табл. 2.4.

Позиційні позначення проставляють на схемі поряд з умовними графічними позначеннями елементів та (або) пристроїв з правої сторони або над ними.

При зображенні на схемі елемента або пристрою рознесеним способом позиційне позначення елемента або пристрою проставляють біля кожної складової частини (наприклад котушка реле К1.1, контакти цього реле К1.2, К1.3 і т.д.), тобто до номера позиційного позначення додається умовний номер зображення частини елемента, відокремлений крапкою.

Згідно РМ 4–106–91 є можливим і інший варіант позначень: всі складові частини пристрою позначаються однаково (наприклад котушка реле К1, контакти цього реле теж позначають як К1), але при цьому використовують позначення виводів елементів, які дозволяють розрізнити частини пристрою.

Більшість проектних установ користуються комбінацією двох вищевикладених способів: складові частини пристрою позначаються із використанням додаткового умовного номеру і позначаються виводи елементів, при цьому котушка реле має позначення К1, а контакти цього реле – К1.1 (перша контактна група), К1.2 (друга контактна група) і т.д.

При рознесеному способі зображення елементів, які входять до пристрою або функціональної групи, до складу позиційних позначень цих елементів повинно входити відповідно позиційне позначення даного пристрою або функціональної групи, наприклад, = А1–С2 – конденсатор С2, що входить до пристрою А1, або ≠1–К1 – реле К1, що входить до функціональної групи ≠1.

Таблиця 2.3 – Літерні коди елементів

Одно-літерний код	Група видів елементів	Приклад виду елемента	Дво-літерний код
1	2	3	4
A	Пристрій (загальне позначення)	–	–
B	Перетворювачі неелектричних величин у електричні і навпаки, датчики	Гучномовець Тепловий датчик Фотоелемент Датчик швидкості	BA BK BL BV
C	Конденсатори	–	–
D	Мікросхеми інтегральні	Мікросхема інтегральна аналогова Мікросхема інтегральна цифрова	DA DD
E	Елементи різні	Нагрівальний елемент Лампа освітлювальна	EK EL
F	Розрядники, запобіжники, пристрої захисні	Дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії Дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії Запобіжник плавкий	FA FP FU
G	Генератори, джерела живлення	Батарея	GB
H	Пристрої індикаторні та сигнальні	Прилад звуковий сигналізації Прилад світловий сигналізації	HA HL

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4
К	Реле, контактори, пускачі	Реле струму Реле електротеплове Контактор, магнітний пускач Реле часу Реле напруги	КА КК КМ КТ КV
L	Котушки індуктивності, дроселі	Дросель люмінесцентного освітлення	LL
М	Двигуни	–	–
Р	Прилади, вимірювальне обладнання	Амперметр Прилад реєструючий Вольтметр	РА PS PV
Q	Вимикачі та роз'єднувачі в силових ланцюгах	Вимикач автоматичний Роз'єднувач	QF QS
R	Резистори	Терморезистор Потенціометр	RK RP
S	Пристрої комутаційні в ланцюгах керування, сигналізації та вимірювання	Вимикач або перемикач Вимикач кнопковий Вимикач автоматичний Вимикачі, що спрацьовують від впливу: від рівня від положення (шляховий) від температури	SA SB SF SL SQ SK

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4
T	Трансформатори, автотрансформатори	Трансформатор струму Трансформатор напруги Електромагнітний стабілізатор	TA TV TS
U	Пристрої зв'язку і перетворювачі електричних величин в електричні	Модулятор Демодулятор Перетворювач частотний, інвертор, генератор частоти	UB UR UZ
V	Прилади електровакуумні та напівпровідникові	Діод Прилад електровакуумний Транзистор	VD VL VT
W	Лінії та елементи НВЧ	Антенa	WA
X	З'єднання контактні	Гніздо Штир З'єднання розбірне	XS XP XT
Y	Пристрої механічні з електромагнітним приводом	Електромагніт	YA
Z	Пристрої кінцеві, фільтри, обмежувачі	Обмежувач	ZL

Таблиця 2.4 – Позначення кваліфікуючого символу

Тип умовного позначення	Кваліфікуючий символ
Вищий рівень (пристрій)	=
Функціональна група	≠ або #
Конструктивне розташування	+
Позиційне	–
Електричний контакт	:
Адресне	()

2.1.5 Способи зображення

Елементи і пристрої можуть виконуватися сполученим і рознесеним способом. При сполученому способі складові частини елементів (катушки, контакти) зображуються в безпосередній близькості одна до одної. При рознесеному способі складові частини пристроїв зображують у різних місцях для збільшення наочності схем.

Рекомендується користуватися рознесеним рядковим способом. При цьому умовні графічні позначення елементів, які входять у один ланцюг, зображають послідовно один за одним по прямій, а окремі ланцюги – поряд, утворюючи паралельні (вертикальні або горизонтальні) рядки.

2.1.6 Маркування ланцюгів

Для полегшення читання схем електричних принципів доцільно маркувати електричні ланцюги, послідовно їх нумеруючи.

Маркування ділянок ланцюгів на схемах при горизонтальному зображенні ланцюгів вказується над ділянкою провідника, при вертикальному – зліва від ділянки провідника. При горизонтальному розташуванні ланцюгів у технічно обґрунтованих випадках маркування може вказуватися під ділянкою провідника.

Маркування ланцюгів схем наносять незалежно від нумерації або умовних позначень затискачів апаратів, приладів і інших електричних засобів, тобто застосовується потенціальне маркування (рис. 2.2). Ділянки ланцюгів, що розділені контактами апаратів, обмотками реле, електричних машин і трансформаторів, резисторами, конденсаторами, вважаються різними ділянками та мають різне маркування. Ділянки, що сходяться в одному вузлі принципової електричної схеми, а також ті, що проходять через роз’ємні контактні з’єднання, маркують однаково.

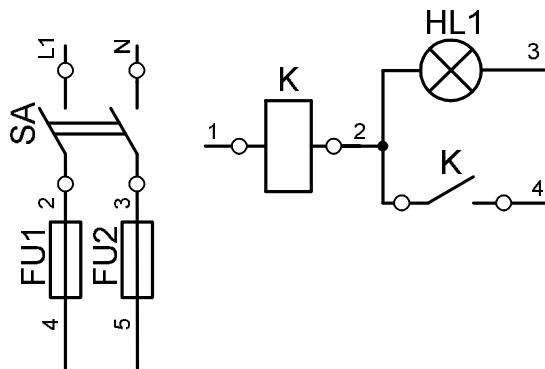


Рис. 2.2 – Приклад маркування ланцюгів

Для маркування прийнята система, яка складається з ряду послідовних чисел, а при необхідності вона може бути доповнена літерною або цифровою приставкою, яка проставляється перед порядковим номером ланцюга. Для цифрового маркування використовуються арабські цифри, для літерних приставок – літери російського (українського) алфавіту.

Маркування ланцюгів електричної схеми виконується в залежності від функціональних ознак цієї схеми.

Рекомендується застосовувати такі групи чисел (можуть бути і інші варіанти):

- а) вимірювання, регулювання, керування 1 ÷ 399;
- б) ланцюги сигналізації 400 ÷ 799;
- в) ланцюги живлення – 800 ÷ 999.

В тих випадках, коли схема виконана із суміщенням декількох функціональних ознак (наприклад, якщо в схему керування включені ланки сигналізації і технологічні вимірювання) маркування проводиться на розсуд виконавця. В схемах постійного струму ланцюги позитивної полярності маркуються непарними числами, від'ємної полярності – парними числами. Ті ланцюгів, які в процесі роботи мають різну полярність можуть маркуватися як парними так і непарними числами.

В схемах змінного струму ланцюги маркуються послідовними числами без поділення їх на парні і непарні по функціональній ознаці. Ділянки трифазних ланцюгів маркуються літерами, які позначають фазу і послідовними числами. Фази змінного струму проводів маркуються так (ГОСТ 2.709):

- L1, L2, L3 – відповідно 1, 2 та 3 фази для трифазного струму (допускається позначати фази літерами А, В, С, якщо це не викличе помилкового підключення);
- N – нейтральний провід;
- PE – захисний провід із заземленням;
- E – провід заземлення.

Затискачі електричних пристроїв підключених до трьохфазних ланцюгів маркуються як:

- U, V, W – відповідно 1, 2 та 3 фази змінного струму;
- N – нейтральний провід;
- PE – захисний провід із заземленням;
- E – провід заземлення.

Для систем живлення із постійним струмом використовують позначення «L+» та «L-» або просто «+» та «-».

2.1.7 Позначення виводів (контактів) елементів

На схемі слід вказувати позначення виводів (контактів) елементів (пристроїв), які нанесені на виріб або встановлені у їх документації (згідно РМ 4-106-91).

Для елементів, які не мають заводські позначення виводів (контактів), наводять їх умовні позначення на монтажних символах, що виконані на полі схеми.

Виводи (контакти) елементів слід виконувати незарисованими колами, як показано на рис. 2.3. Позначення наноситься над зображенням виводу (при горизонтальному розташуванні) або зліва (при вертикальному розташуванні). Виводи котушки реле позначають латинськими літерами «А» і «В».

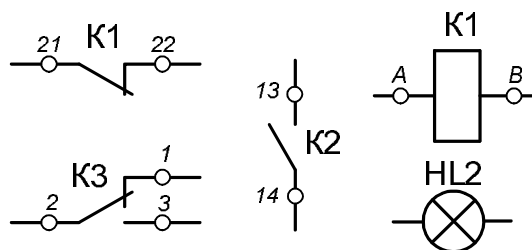


Рис. 2.3 - Позначення виводів (контактів) елементів

На схемі не слід вказувати позначення виводів (контактів) елементів, що мають не більше двох виводів (лампи сигнальні, дзвоники, запобіжники, конденсатори, діоди и т.д.).

Для приладу К1 (рис. 2.3) порядковий номер контакту в приладі – другий (перша цифра позначення «21» та «22»), вид контакту – «1–2» – розмикаючий (другі цифри в позначенні). Для приладу К2 порядковий номер контакту в приладі – перший (перша цифра позначення «13» та «14»), вид контакту – «3–4» – замикаючий (другі цифри в позначенні). Для приладу К3 порядковий номер контакту в приладі не вказано, вид контакту – «1–2–3» – перемикаючий. Контакти лампи HL1 не позначені.

На рис. 2.4 показано приклад виконання схеми електричної принципової керування двигуном засувки без примусового ущільнення при закритті, на якій продемонстровано використання маркування елементів, ланцюгів та контактів.

2.1.8 Діаграми і таблиці включення контактів електричних апаратів і пристроїв

На схемах, у яких застосовані багатопозиційні апарати (ключі, перемикачі, програмні пристрої і т.п.), наводять діаграми і таблиці переключень їх контактів. В таблицях наводять дані про тип апарату, вид рукоятки (з переду) та схему розташування контактів (ззаду), тип рукоятки і пакету, номери контактів і режим роботи. Контакти, що не використовуються в схемі, позначають зірочкою (*). Значення зірочки пояснюють у примітках. Над таблицею вказують найменування і літерно-позиційне позначення апарату.

Варіант виконання таблиці до схеми на рис. 2.4, показані на рис. 2.5.

Живлення 380/ 220 В
Сигнал „Закрито”
Пускач відкрити
Місцеве та дистанційне керування
Пускач закрити
Місцеве та дистанційне керування
Сигнал „Відкрито”
Проміжне реле

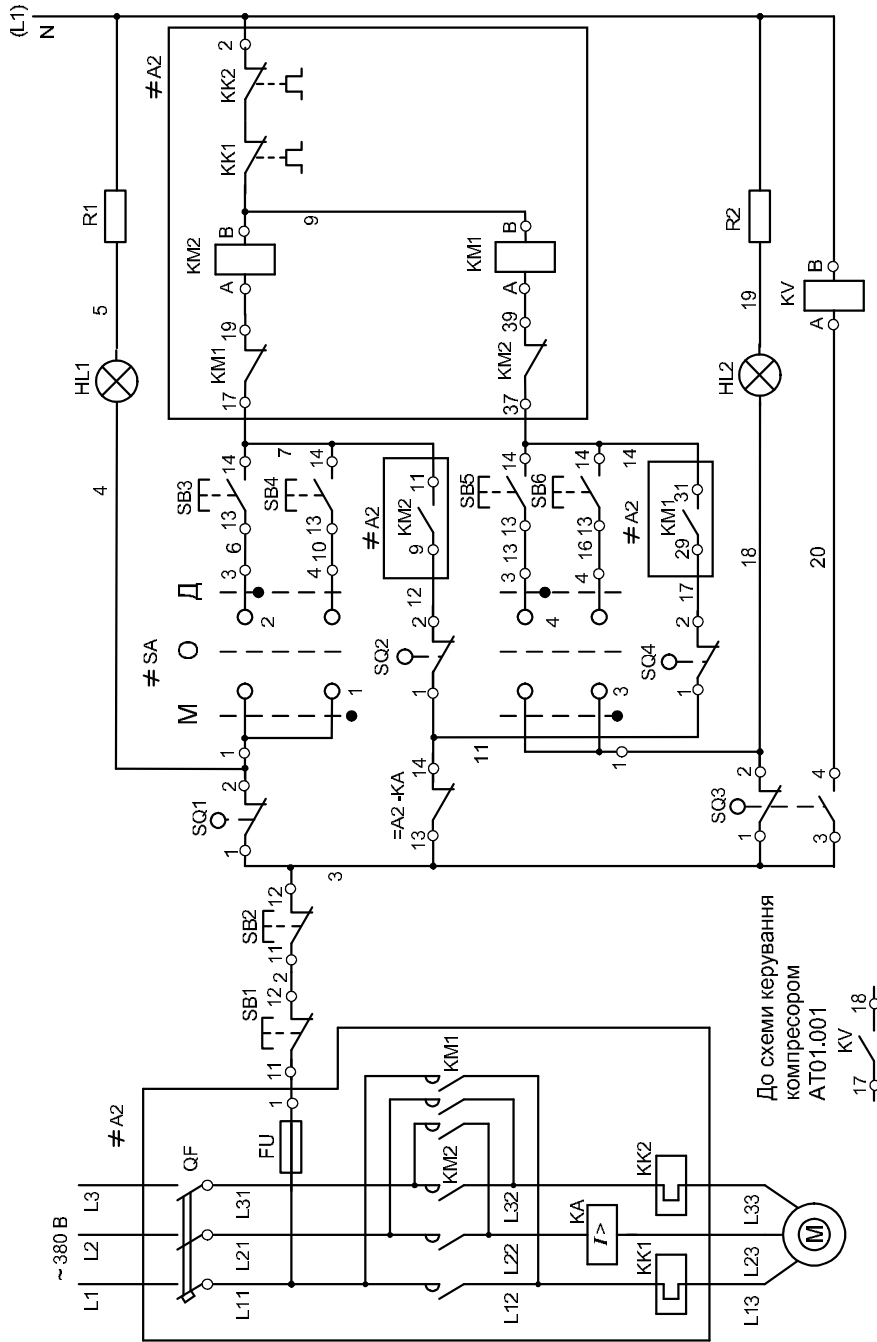


Рис. 2.4

Діаграма замикання контактів
 ключа вибору режиму
 управління SA типу УП5311-С225/2 Д1

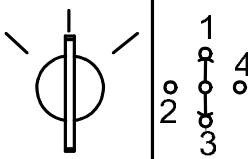
Вид рукоятки (спереду) і схема пакетів (ззаду) в положенні 1			
Тип рукоятки і пакети		ДБ1 1	
№ контактів			
Положення		1-3 2-4	
Місцеве управління	1	- 45°	<input checked="" type="checkbox"/> -
Вимкнено	2	0°	- -
Дистанційне управління	3	45°	- <input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 2.5 – Діаграма переключень контактів перемикача SA до схеми на рис. 2.4

Для усіх програмних пристроїв, кінцевих та шляхових вимикачів і т.п. на схемах зображають діаграми їх роботи з поясненнями. В необхідних випадках наводять циклограми роботи обладнання та апаратури. Для кінцевих вимикачів засувки SQ1 – SQ4, принципова схема яких наведена на рис. 2.6, наведено діаграму роботи (рис. 2.7). Контактна група вимикачів SQ типу ВП комплектується двома контактами – нормально замкненим та нормально розімкненим (1НЗ+1НО): перший позначається як (1-2), другий як (3-4). При впливі на привід вимикача (при спрацьовуванні вимикача), контакт (1-2) розмикається, а контакт (3-4) замикається. З діаграми видно, у яких положеннях засувки контакти замкнені або розімкнені.

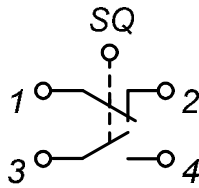


Рис. 2.6 - Принципова комутаційна схема кінцевих вимикачів ВП

Позначення кінцевого вимикача	Номер контакта	Положення арматури (засувки)		
		Закрито	Проміжний стан	Відкрито
SQ1	1-2	██████████	██████████	□
	3-4*	□	██████████	██████████
SQ2	1-2	██████████	██████████	□
	3-4*	□	██████████	██████████
SQ3	1-2	□	██████████	██████████
	3-4	██████████	██████████	□
SQ4	1-2	□	██████████	██████████
	3-4*	██████████	██████████	□
Умовне позначення		██████████ – контакт замкнений	□ – контакт розімкнений	

Рис. 2.7– Діаграма замикання кінцевих вимикачів

На схемі наводиться примітка: «Контакти кінцевих вимикачів SQ1–SQ4 показані у проміжному положенні запірного органу засувки».

Контакти апаратів даної схеми, заняті у інших схемах, зображають на вільному полі креслення у вигляді самостійних ланцюгів окремо від основних ланцюгів схеми. Над ними, як правило, розміщують пояснювальний напис: «Контакти, що використовуються у інших схемах». Коло кожного контакту вказані коротке найменування та номер схеми, а також маркування ланцюгів з тієї схеми, у якій цей контакт використано. Наприклад, на рис. 2.4 контакт реле KV використовується в схемі керування компресором. Адресою для відшукування цього контакту в схемі

компресора є номер креслення, літерно-цифрове позиційне позначення KV та маркування виводів 17 та 18.

Використані в цій схемі контакти апаратів, обмотки яких показані в інших схемах, обводять прямокутним контуром (крапка-тире). Всередині контуру вказано позиційне позначення контакту, коло контакту або в примітках – номер схеми, в якій показано обмотку.

2.1.9 Схеми виводів контактів та обмоток реле

На принципових електричних схемах, в яких використовуються реле, пускачі, кнопки та інші комутаційні прилади, необхідно навести схеми виводів цих приладів. На схемі наноситься напис «Схеми виводів контактів та обмоток реле» під яким суміщеним способом зображують прилади із позначенням усіх їх частин та контактів (рис. 2.8).

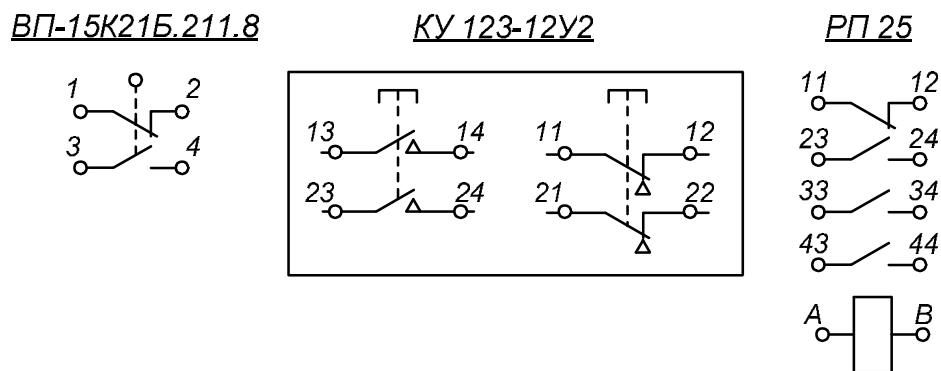


Рис. 2.8 – Схеми виводів контактів та обмоток реле

2.1.10 Пояснювальні технологічні схеми блокувальних залежностей роботи обладнання

Електричні схеми керування складними процесами можуть бути доповнені на кресленнях технологічною схемою, що пояснює та схемою блокувальних залежностей роботи. Схему, що пояснює, частіше виконують у спрощеному вигляді із вказівкою усіх агрегатів, які входять в склад даного технологічного вузла та беруть участь в даній електричній схемі. В схемі блокувальних залежностей вказують послідовність роботи обладнання.

2.1.11 Перелік елементів

Основні характеристики апаратів схеми записують у перелік, оформлений у вигляді таблиці та заповнений зверху вниз, де вказані номери позицій за замовленою специфікацією, позначення за принциповою електричною схемою, найменування, тип, кількість апаратів, технічна характеристика та примітки.

У перелік елементів вписана вся апаратура та прилади даної схеми, а також електрообладнання, запозичене з інших проектів. При цьому в примітках до переліку вказують, за проектами якої організації замовляється дане обладнання.

Апаратура і прилади у переліку об'єднані у групи в залежності від місця встановлення. Апарати і прилади, контакти яких обведені тонкими лініями, в перелік даної схеми не внесені, оскільки вони враховані в переліках відповідних схем.

Допускається до переліку елементів записувати апаратуру групами відповідно місцям їх встановлення. Цим групам присвоюють заголовки та вказують їх у графі "Найменування". Наприклад: "Апарати місцеві", "Щит керування" и т.п. Розміри переліку елементів наведено на рис. 2.9, приклад оформлення наведено в табл. 2.5.

Якщо схема виконана на декількох аркушах, то перелік елементів розміщують на першому аркуші над основним штампом. Якщо перелік не вміщується у один стовпчик, продовження переліку розміщують лівіше, повторюючи головку таблиці.

При виконанні схеми на декількох листах, перелік елементів повинен бути спільним та виконують його на аркушах формату А4 наступними аркушами схеми, до якої він складався. В цьому випадку використовується форма 2 та 2а за ГОСТ 2.104. Перелік елементів заповнюють зверху вниз.

Елементи в перелік записують по групах в алфавітному порядку літерних позиційних позначень, розташовуючи по збільшенню порядкових номерів у межах кожної групи.

Між окремими групами елементів допускається залишати декілька незаповнених рядків для внесення змін.



Рис. 2.9 – Форма переліку елементів

При запису елементів, які мають однакове найменування та однакові літерні позиційні позначення в графі "Найменування" переліку елементів

допускається записувати найменування цих елементів у вигляді загального найменування (заголовку) один раз на кожному аркуші переліку. Заголовок не слід підкреслювати і вільний рядок до і після заголовку не лишати. У загальному найменуванні записують найменування, тип і позначення документа, на підставі якого застосовані ці елементи (ТУ або стандарт).

В графі "Примітки" переліку елементів для приладів та засобів автоматизації, зображених на схемі, вказують їх позиції за специфікацією обладнання.

2.1.12 Примітки та пояснення на схемах

Пояснення розшифровують призначення та найменування кожного електричного ланцюга. Пояснення виконують у вигляді таблиць, які розміщують з права або знизу від ланцюга, що розглядається в залежності від горизонтального або вертикального розташування ланцюгів на схемі (див. рис. 2.4). При необхідності можна виконувати короткі текстові пояснення принципу роботи складних схем.

Примітки до схем містять загальні відомості, без яких неможливо встановити взаємозв'язок матеріалів технічної документації. В примітках наводять:

- а) номери замовних специфікацій на прилади та апаратуру, що задіяні в даній схемі;
- б) вказівки по застосуванню даної схеми для декількох агрегатів;
- в) вказівки про зміни схем внутрішніх з'єднань апаратів (при необхідності) та уточнення характеристик апаратів і т. п.;
- г) інші відомості, необхідні в конкретному випадку.

На рис. 2.10 наведено приклад компонування схеми електричної принципової керування. Специфікація до даної схеми виконується окремими аркушами.

Таблиця 2.5 - Перелік елементів до рис. 2.4

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Щит керування</u>		
HL1	Лампа в арматурі АС-220 з зеленою лінзою Ц-220-10	1	220 В, 10 Вт
HL2	Те ж із червоною лінзою Ц-220-10	1	220 В, 10 Вт
SB1, SB3, SB5	Кнопка керування SB-7	3	200 В, 5 А
KV	Реле проміжне РП-21	1	220 В
R1, R2	Резистор ПЭ-15	1	100 Ом, 15 Вт
	<u>Місцеві</u>		
SB2, SB4, SB6	Кнопка керування SB-7	3	220 В, 5 А
M	Двигун АОС31-4Ф2	1	380 В, 0,6 кВт
SQ1 - SQ4	Кінцеві вимикачі ВП-15К21Б.211.8	4	1“з”+1“р”, 660В, 50Гц, 10А, IP54
	<u>Шафа силового електрообладнання</u>		
A2	Блок керування БОУ5430 ТУ 16-536.042-76	1	
KA	Реле струму РТ-40/6	1	380 В, 6 А
QF	Автоматичний вимикач АП 50Б 2МТ	1	500 В, 2.5 А
KM1, KM2	Пускач магнітний реверсивний ПМЕ-114	1	220 В, 10 А, з тепловим реле
FU	Запобіжник ПР2	1	550 В, 6 А
SA	Перемикач універсальний УП 5311-С225	1	500 В, 20 А

2.2.Схеми електричні принципові живлення

2.2.1 Загальні вимоги

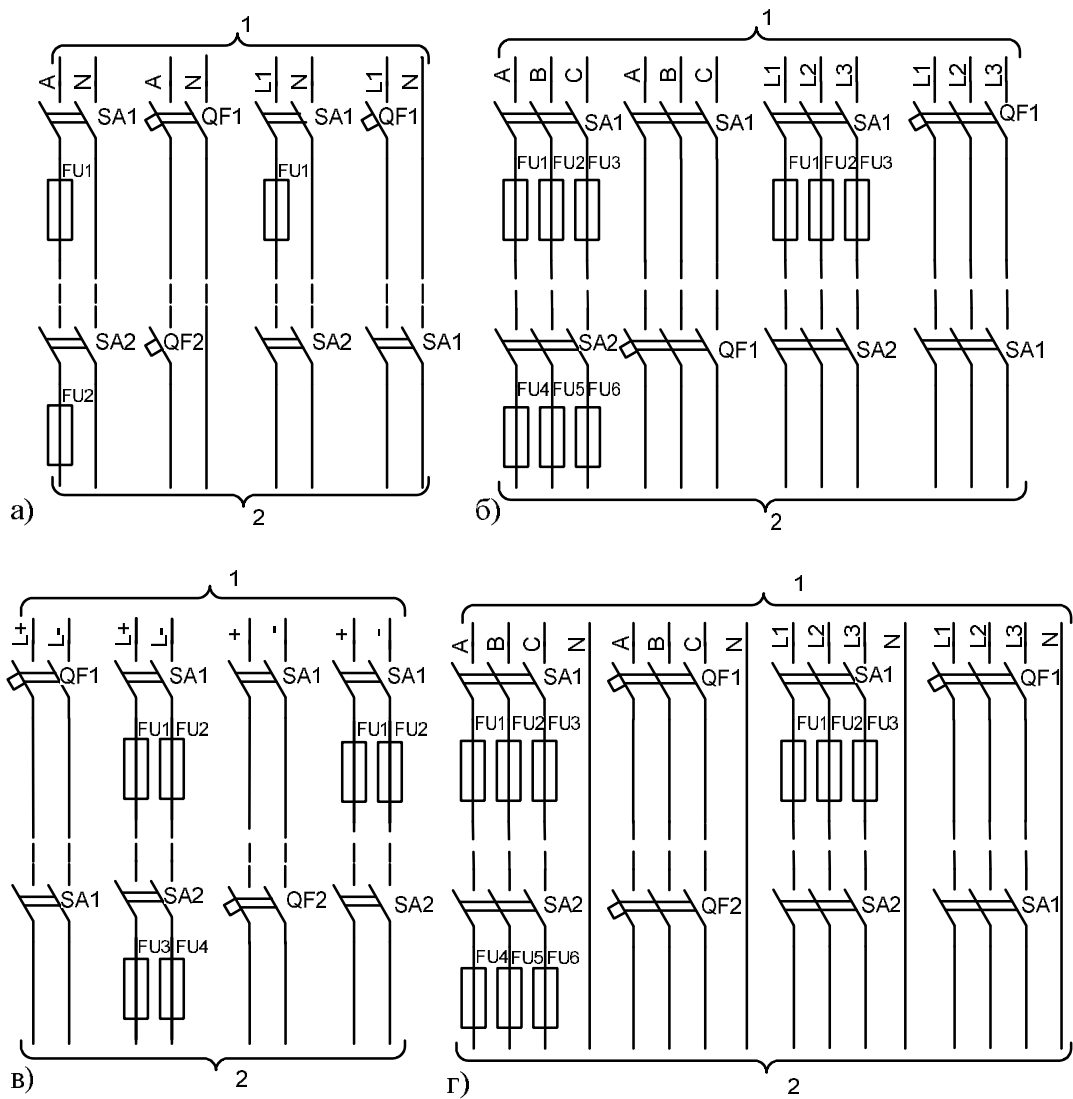
Ці схеми розглядаються на стадії проектування «Робоча документація» і служать для проектування живлення засобів контролю і автоматизації, розрахунку витрат електроенергії.

Проектування систем електроживлення здійснюється на основі ВСН 205-84/ММСС ССРСР "Инструкции по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов" та РМ4-4-85 «Системы автоматизации технологических процессов. Проектирование систем электропитания», а також нормативних вимог конкретних виробництв

В загальному випадку на кресленнях таких схем повинна бути показана:

- 1) апаратура вмикання і вимикання джерел живлення і споживачів електроенергії;
- 2) апаратура контролю напруги;
- 3) назва споживачів електроенергії;
- 4) загальні пояснення і примітки;
- 5) креслення, які відносяться до даної схеми;
- 6) перелік апаратури.

Схеми живлення можна суміщати з іншими схемами автоматизації проекту (наприклад сигналізації). На рис. 2.11 – 2.12 показано варіанти схеми живлення.



1 – до джерела живлення, 2 – до щита

Рис. 2.11 - Схема електрична принципова живлення:

- а) однофазною двопроводовою мережею; б) трифазною трипроводовою мережею; в) двофазною двопроводовою і двопроводовою мережею постійного струму; г) трифазною чотирипроводовою мережею

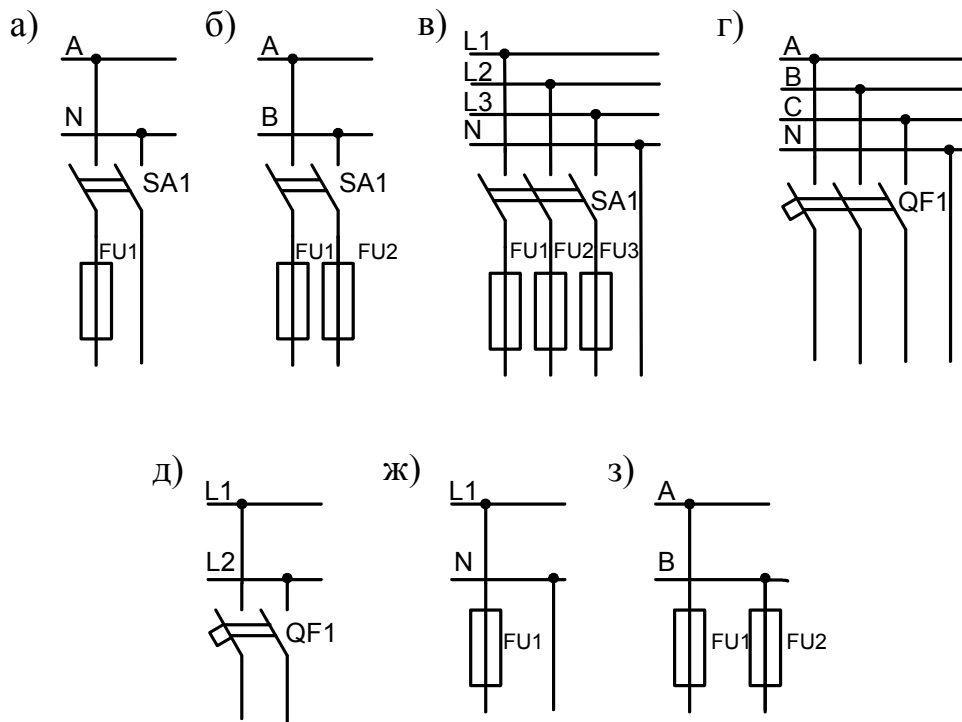


Рис. 2.12 – Схема живлення електроприймачів, які не мають вмонтованих вимикачів і запобіжників (а, б, в, г, д); які мають вмонтовані вимикачі (ж, з).

2.2.2 Категорії схем живлення

Згідно правил експлуатації електроустановок схеми живлення діляться на три категорії:

I категорія. До неї відносяться схеми живлення мереж автоматизації, керування, сигналізації і приладів, пошкодження живлення яких може мати небезпеку для життя людей, значні збитки господарству, пошкодження устаткування, масовий брак продукції, порушення особливо важливих елементів міського господарства.

II категорія включає схеми живлення таких засобів автоматизації, порушення електропостачання яких може призвести до масового

недовипуску продукції, простоїв робочих механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності міських жителів.

До **III категорії** відносяться схеми живлення засобів автоматизації, перерва в електрозабезпеченні яких може порушити додаткові технологічні операції, зупинка цехів несерійного виробництва.

Схеми I-ї категорії повинні мати не менше двох незалежних один від одного джерела. Причому вмикання резервного повинно відбуватись автоматично.

Схеми II-ї категорії також повинні мати два незалежних джерела живлення, але вмикання резервного живлення може відбуватися вручну.

Схеми III-ї категорії як правило, можуть мати одне джерело живлення, але, якщо є можливість вмикання другого джерела живлення, то і тут можна застосовувати резервування.

2.2.3 Апаратура живлення та її характеристика

В живильних і розподільчих мережах електроживлення засобів автоматизації використовують:

- 1) в живильних – автоматичний вимикач, рубильник – запобіжник;
- 2) в мережах електродвигунів виконуючих механізмів і електрозасувок – автоматичний вимикач – магнітний пускач, рубильник – запобіжник – магнітний пускач;
- 3) в мережах приладів, регуляторів, трансформаторів, випрямлячів – пакетний вимикач – запобіжник, автоматичний вимикач;
- 4) в мережах сигналізації – пакетний вимикач – запобіжник, автоматичний вимикач.

Пакетні вимикачі виготовляються для кріплення до задньої панелі, для кріплення до передньої панелі. Вони бувають одно-, дво- і триполюсні, двополюсні на два напрямки з двома нульовими положеннями. Крім того пакетні вимикачі характеризуються номінальним струмом для змінної напруги до 380 вольт і постійної напруги до 220 вольт. Номінальний струм на 6,3; 10; 16; 25 ампер. Для проектних рішень тип електроустаткування необхідно вибирати по каталогах підприємства-виробника.

Запобіжники характеризуються номінальною напругою і номінальним струмом, а також струмом плавкої вставки. Плавкі вставки застосовуються номіналом 0,5; 1; 2; 4; 6; 10.

Автоматичні вимикачі – це найбільш зручні електричні апарати, але вони є складніші і дорожчі. Розрізняють автоматичні вимикачі з електромагнітним роз'єднувачем (для захисту від короткого замикання), з тепловим роз'єднувачем (для захисту від перевантажень), комбіновані – з електромагнітним і тепловим роз'єднувачами.

Автоматичні вимикачі є двополюсні, триполюсні на 25 ампер і на 50 ампер з різними вставками від 1,6 до 50 ампер.

2.2.4 Вимоги до джерел живлення

Для живлення засобів автоматизації використовують розподільчі підстанції, розподільчі щити, до яких не підключене різноперемінне навантаження. В деяких випадках систему живлення засобів автоматизації приєднують до освітлювальної мережі. Коливання напруги живлення на затискачах повинно бути не більше:

- а) для приладів $\pm 5\%$;
- б) для виконуючих механізмів $-5\% - + 10\%$;

в) для схем сигналізації $-2,5\% - +5\%$.

Живлення мережі виконується однофазним двопровідними (фаза, нейтраль), двофазними (дві фази), двопровідними проводами постійного струму. Якщо на об'єкті, що автоматизується, є декілька паралельних технологічних потоків, то в таких випадках живлення відбувається по окремим живильним лініям від розподільчих щитів (джерел живлення) системи електропостачання відповідних технологічних потоків.

Для живлення електрифікованого інструменту і ремонтного освітлення застосовують знижувальні трансформатори (блоки живлення) (220/36; 220/12; 220/6). При використанні трансформаторів необхідно виконувати такі вимоги:

- 1) допускається живлення тільки одного електроприймача із захистом плавкою вставкою або автоматичним вимикачем на первинній стороні з плавкою вставкою не більше 15 А;
- 2) вторинна напруга трансформатора повинна мати не більше 380 В;
- 3) заземлювати вторинні обмотки забороняється, заземляють корпус.

2.2.5 Оформлення електричних принципових схем живлення

Схеми розподільної мережі виконують у багатолінійному зображенні для кожного щита живлення окремо. На ній розміщують апарат керування (рубильники, вимикачі, перемикачі), апарати захисту (автомати, запобіжники), перетворювачі (трансформатори, стабілізатори і т.п.), лампи освітлення, штепсельні розетки, схеми автоматичного введення резерву та лінії електричного зв'язку між апаратами.

В нижній частині схеми розподільної мережі як правило розміщують таблицю, у якій вказують всіх електроприймачів, які отримують живлення

з даного щита, із вказівкою їх позицій у замовлених специфікаціях, потужності, що споживається, напруги та місця встановлення (рис. 2.13).

На рис. 2.14 показано приклад компонування схеми електричної принципової розподільної мережі.

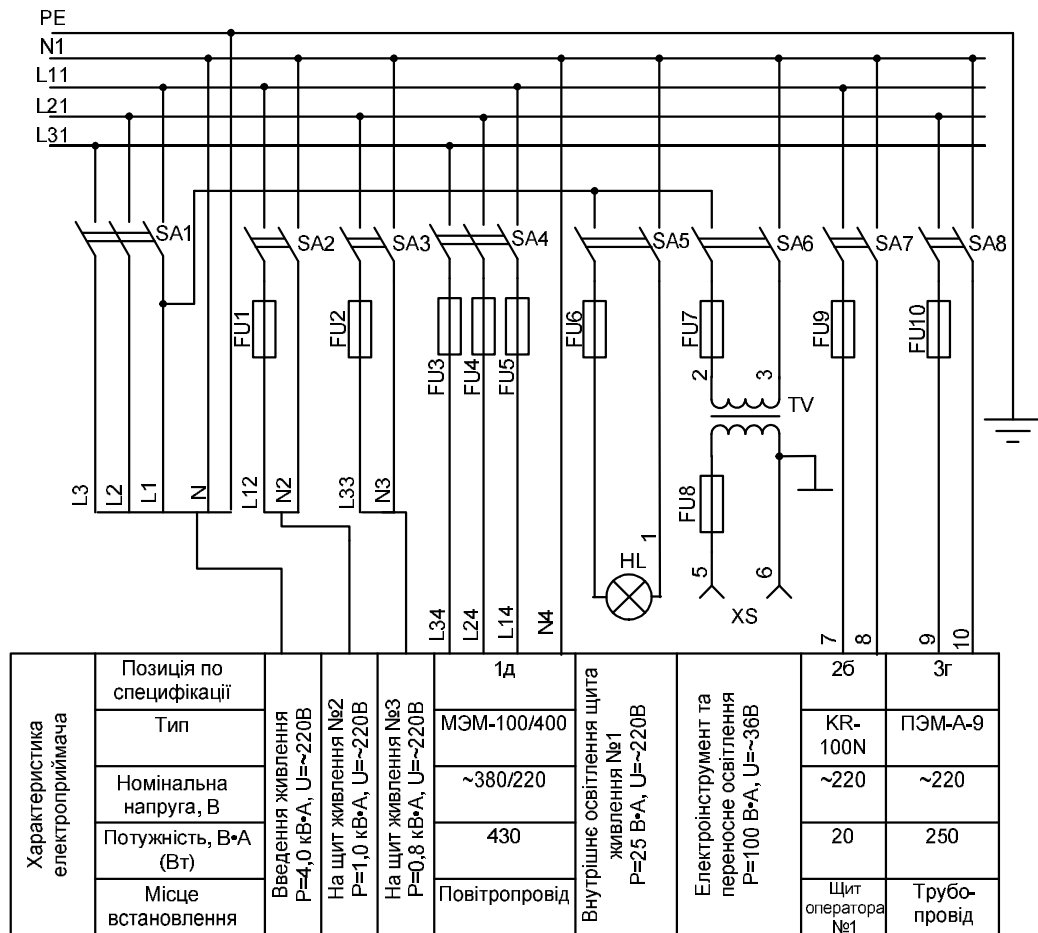


Рис. 2.13 – Схема електрична принципова розподільної мережі

2.2.6 Схеми електричні принципові керування електродвигунами і виконуючими механізмами

На (рис. 2.15а) зображена схема керування електродвигуном з коротко замкнутим ротором. На рис. 2.15б приведена схема керування реверсивним електродвигуном з електричним блокуванням для недопущення одночасного включення обох контакторів, що призведе до короткого замикання. Контактор КМ1 використовують для включення двигуна вперед, а КМ2 — назад. Взаємне блокування здійснюється двома розмикаючими контактами КМ2 і КМ1, які включені в ланцюги відповідно котушок КМ1 та КМ2. Для реверсування двигуна у цій схемі необхідно попередньо натиснути кнопку SB1.

Для зменшення витрат електроенергії і продовження терміну роботи двигунів використовують апаратуру керування двигунами: плавного пуску та зупинки, регулювання обертів шляхом перетворення частоти живлення.

На рис. 2.16 показано схему електричну принципову керування електродвигуном запірною пристроєм.

2.3.Схеми електричні принципової сигналізації

2.3.1 Класифікація схем сигналізації

Для відображення стану окремих елементів об'єкта і сповіщення про порушення нормального ходу виробничих процесів на пунктах керування використовують різного роду світлові і звукові сигнали.

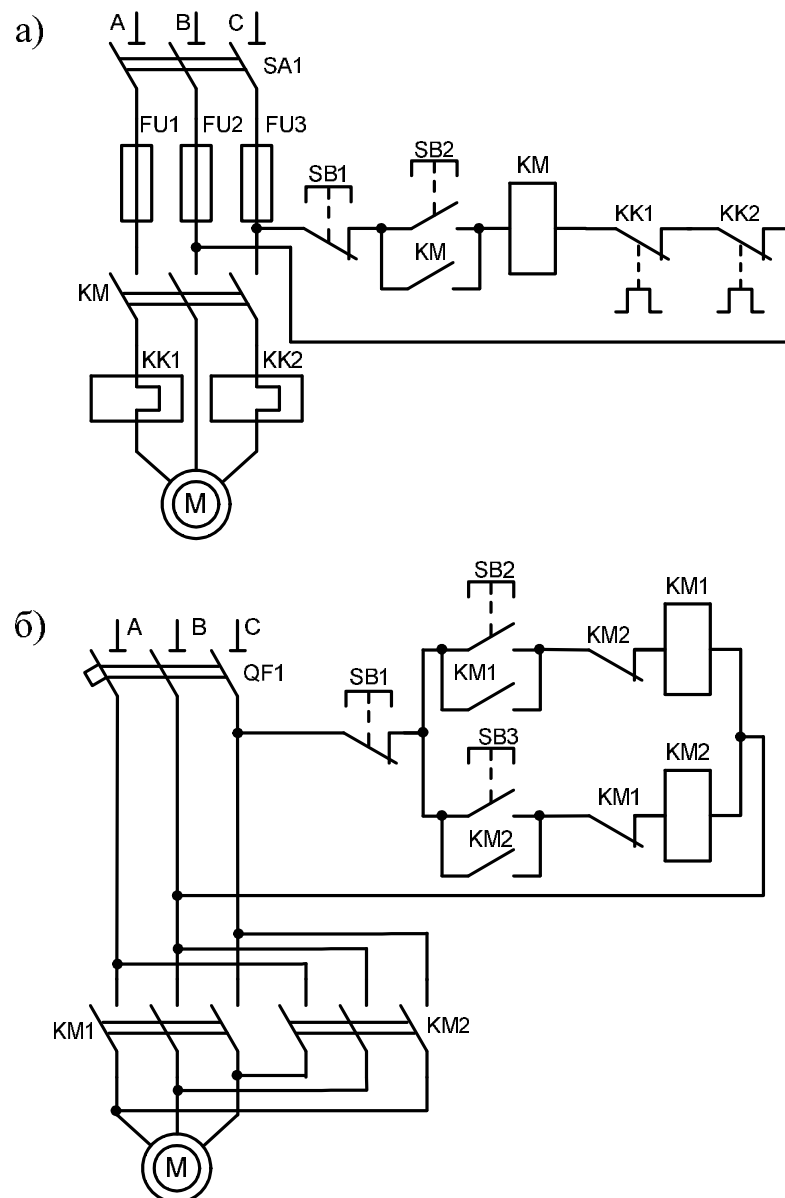


Рис. 2.15 - Схеми електричні принципові керування:
 а) електродвигуном з короткозамкненим ротором;
 б) реверсивним електродвигуном.

Схеми електричні принципової сигналізації можна класифікувати таким чином:

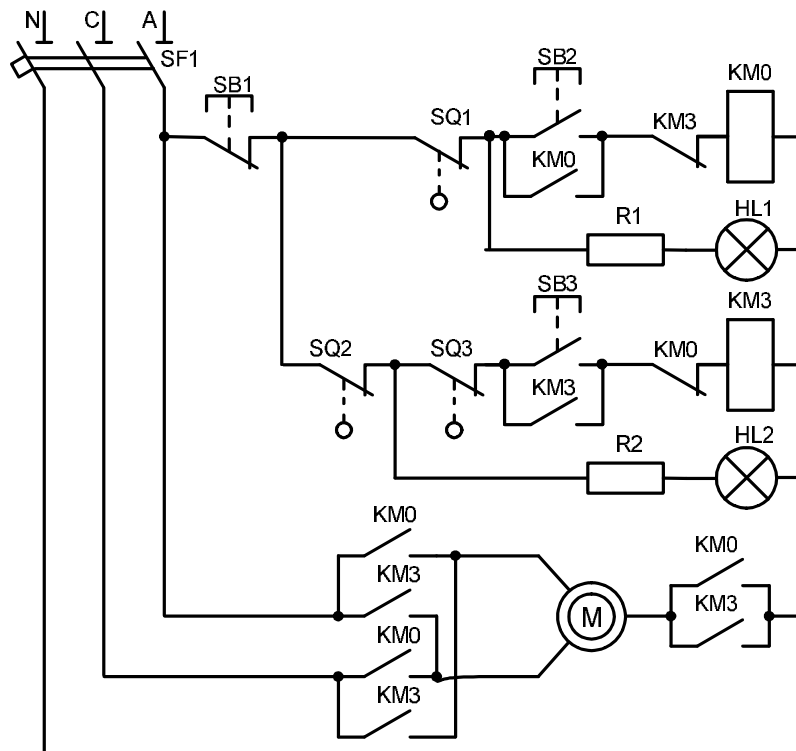


Рис. 2.16 - Схема електрична принципова керування електродвигуном запірною пристрою

I. По характеру (виду) сигналу: світлова, звукова, змішана сигналізації. Світлова сигналізація може виконуватись рівним світлом, мигаючим світлом, горіння ламп неповним розжарюванням.

II. По роду струму: схеми на постійному струмі, схеми на змінному струмі.

III. По призначенню:

1) сигналізація стану – для сигналізації про стан технологічного устаткування («Відкрито» – «Закрито», «Увімкнено» – «Вимкнено»);

2) командна сигналізація – дозволяє передати різні вказівки (накази) з одного пункту керування в іншій за допомогою світлових чи звукових сигналів;

3) сигналізація дії захисту і автоматики;

4) технологічна сигналізація – дає інформацію про стан таких технологічних параметрів, як температура, тиск, витрата, рівень. Буває двох видів:

а) попереджувальна сигналізація (сигналізація про ненормальні, але ще допустимі значення параметрів);

б) аварійна сигналізація (про недопустимі значення параметрів).

IV. По принципу дії:

1) схеми з індивідуальним зняттям звукового сигналу;

2) схеми з центральним зняттям звукового сигналу без повторності дії;

3) схеми з центральним зняттям звукового сигналу з повторністю дії.

Апаратура світлової сигналізації:

1) сигнальні лампи;

2) сигнальні табло, які бувають одно-, дво- і чотирилампові;

3) сигнальні колони.

Використання кольорів для світлової сигналізації регламентується стандартами МЭК 60073–96 (табл. 2.5).

Для привернення уваги оператора можна застосовувати миготливий сигнал, наприклад для позначення:

а) вимоги негайної дії (після підтвердження оператором переходить у постійне світіння);

б) відмінності між номінальним і фактичним станом обладнання;

в) зміна стану обладнання (миготіння під час перехідного процесу).

Необхідно відзначити, що можливості світлових табло функціонально вищі в порівнянні з сигнальними лампами, оскільки на табло може бути нанесено напис, наприклад, «Рівень в реакторі високий», тому застосування табло має перевагу перед сигнальними лампами. Крім

того, паралельне вмикання двох і чотирьох ламп дає можливість запобігти хибним сигналам при перегоранні однієї із ламп, тобто збільшується надійність.

Таблиця 2.5 – Функціональні значення кольорів для кодування

Колір	Смислове значення		
	Безпека людей та обладнання	Стан процесу	Стан обладнання
Червоний	Небезпека	Критичний стан	Несправність
Жовтий	Увага	Перехідний (зміна умов або стан, що передує зміні умов)	Перехідний (зміна умов або стан, що передує зміні умов)
Зелений	Безпека	Нормальний	Нормальний
Синій	Спеціальне (може мати будь яке значення, крім функціонального для червоного, жовтого та зеленого)		
Білий, сірий	Не мають спеціального значення		

Звукова апаратура розрізняється за тембром звуку:

- а) дзвінки;
- б) гудки;
- в) сирени.

Загальні правила для позначення звукових сигналів при кодуванні інформації наведено в табл. 2.6.

Неперервний звуковий сигнал має застосовуватися тільки у деяких, строго обмежених випадках (наприклад при зміні небезпечного або перехідного стану на безпечний).

Таблиця 2.6 – Сміслові значення звукових сигналів

Вид звуку	Сміслові значення		
	Безпека людей та обладнання	Стан процесу	Стан обладнання
Протяжний, різкий, що посилюється	Небезпека	Критичний стан	Несправність
Переривчастий із постійним інтервалом	Увага	Перехідний	Перехідний
Неперервний із постійним рівнем	Безпека	Нормальний	Нормальний
Поперемінні звуки	Спеціальне		
Інші звуки	Не мають спеціального значення		

Звукові сигнали не повинні застосовуватися при безпечному стані (тиша).

2.3.2 Сигналізація стану

На рис. 2.17 – 2.19 показано декілька варіантів вмикання ламп, які сигналізують роботу і зупинку електричних двигунів.

На рис. 2.17 приведена схема в якій сигналізація виконується одною сигнальною лампою, яка ввімкнена паралельно магнітному пускачу. Така схема не потребує додаткових контактів магнітного пускача, але є ненадійною через можливість перегорання лампи.

В випадку рис. 2.18 крім лампи ввімкненої паралельно до магнітного пускача, є лампа, ввімкнена розмикальним блок-контактом магнітного пускача. Схема, яка приведена на рис. 2.19 має дві сигнальні лампи, які вмикаються блок-контактами магнітного пускача.

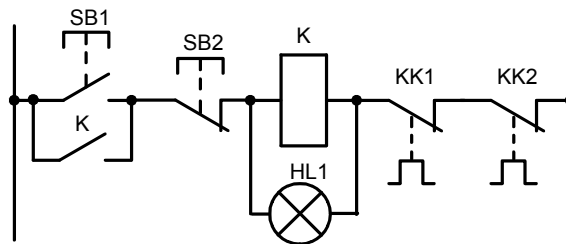


Рис. 2.17 - Сигналізація стану електродвигуна однією сигнальною лампою

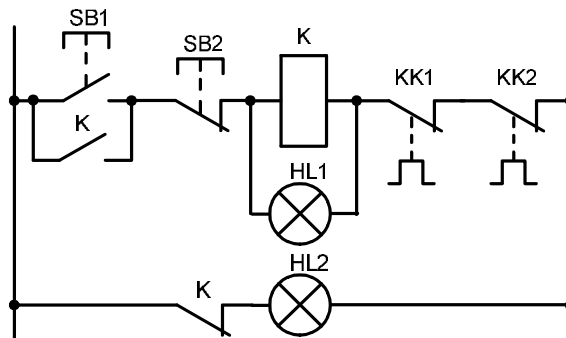


Рис. 2.18 - Сигналізація двома сигнальними лампами з використанням одного блок-контакта магнітного пускача

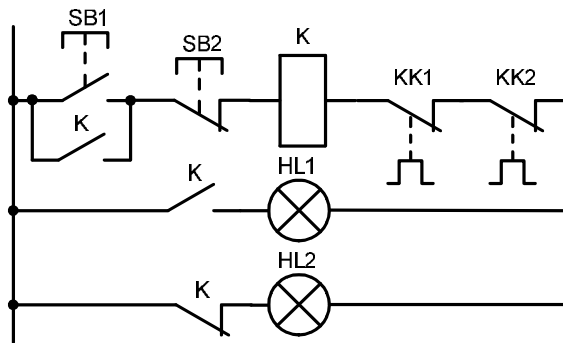


Рис. 2.19 - Сигналізація з використанням двох блок-контактів магнітного пускача

2.3.3 Схеми електричні принципові технологічної сигналізації

В схемі на рис. 2.20 за допомогою SB1 проводиться перевірка сигнальних ламп HL1, HL2 і звукової сигналізації. Діоди VD1, VD3 використовуються для того, щоб не були під напругою решта реле при замиканні одного із виносних контактів, наприклад, 17а. Діоди VD2, VD4 – потрібні для замикання проміжних реле.

В схемі рис. 2.20 при спрацюванні одного із виносних контактів датчиків 17а або 18а стає під напругою реле K1, його контакт K1.1 розімкнувшись вимикає сигнальну лампу HL1 від шини перевірки лампи, контакт K1.2, замкнувшись вмикає сирену НА, контакт K1.4 замкнувшись підготовляє лампу живлення реле КС1. В результаті через контакти K1.2 і K1.3 вмикається сигнальна лампа HL1 і сирена НА. Для зняття звукового сигналу необхідно натиснути на кнопку SB1, яка замкне реле КСП, яке своїм контактом КСП.1, замкне ланку КС1.1, замкнене реле КС1 самоблокується, а контактом КС1.2 розірве ланку сирени НА. Сигнальна лампа HL1 і реле КС1 залишаються ввімкненими до приведення до

нормального стану параметру, що контролюється контактом 17а. При замиканні 18а схема спрацьовує аналогічно. Кнопка SB3 – для перевірки сигнальних ламп HL1, HL2, кнопка SB2 – для перевірки звукового сигналу.

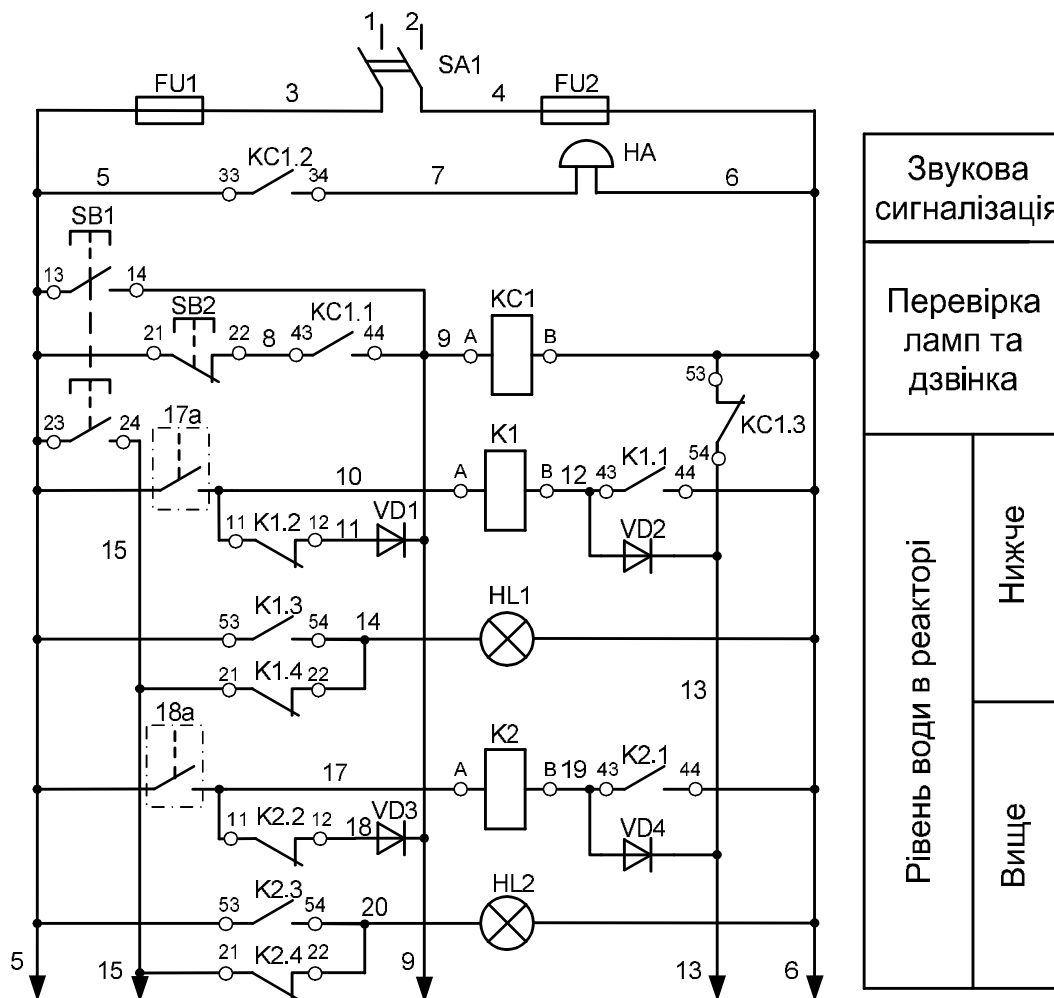


Рис. 2.20 – Схема електрична принципова сигналізації з центральним опробуванням світлового і звукового сигналів

На рис. 2.21 наведено ще один варіант схема сигналізації технологічного режиму. Кнопки SB2, SB3 використовуються для перевірки звукової та світлової сигналізації відповідно, кнопка SB1 знімає звуковий сигнал у разі спрацювання сигналізації за замиканням контактів приладів 15А або 19А.

Перелік елементів до схеми на рис. 2.20 наведено у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Перелік елементів схеми сигналізації рис. 2.20

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
HA	Дзвінок МЗ-1-220В	1	
	ТУ25-05-1045-76		
HL1	Арматура АС-220	1	з черв.
	ТУ 16-535.582-76		склом
HL2	Арматура АС-220	1	з жовт.
	ТУ 16-535.582-76		склом
SB1	Кнопка КЕ-011 вик 2	1	з черв.товк
SB2	Кнопка КЕ-011 вик 2	1	з чорн.
	ТУ 16-642.015-84		товк.
VD1..	Діод кремн. КД-105В	4	600В 300мА
VD4	ТР3.362.060ТУ		
KC1	Реле пром. РПУ-2-51400УЗБ-220В	1	
	ТУ 16-523.331-7В		
K1, K2	Реле пром. РПУ-2 –51220УЗБ-220В	2	
	ТУ 16-523.331-7В		
17а,	Реле поплавкове	2	
18а			
FU1,	Запобіжник плавкий ППНИ-33 8 А,	2	
FU2	400 В, ГОСТ Р 50339.0-92		
SA1	Перемикач універсальний	1	500 В, 20А
	УП5311-С225		

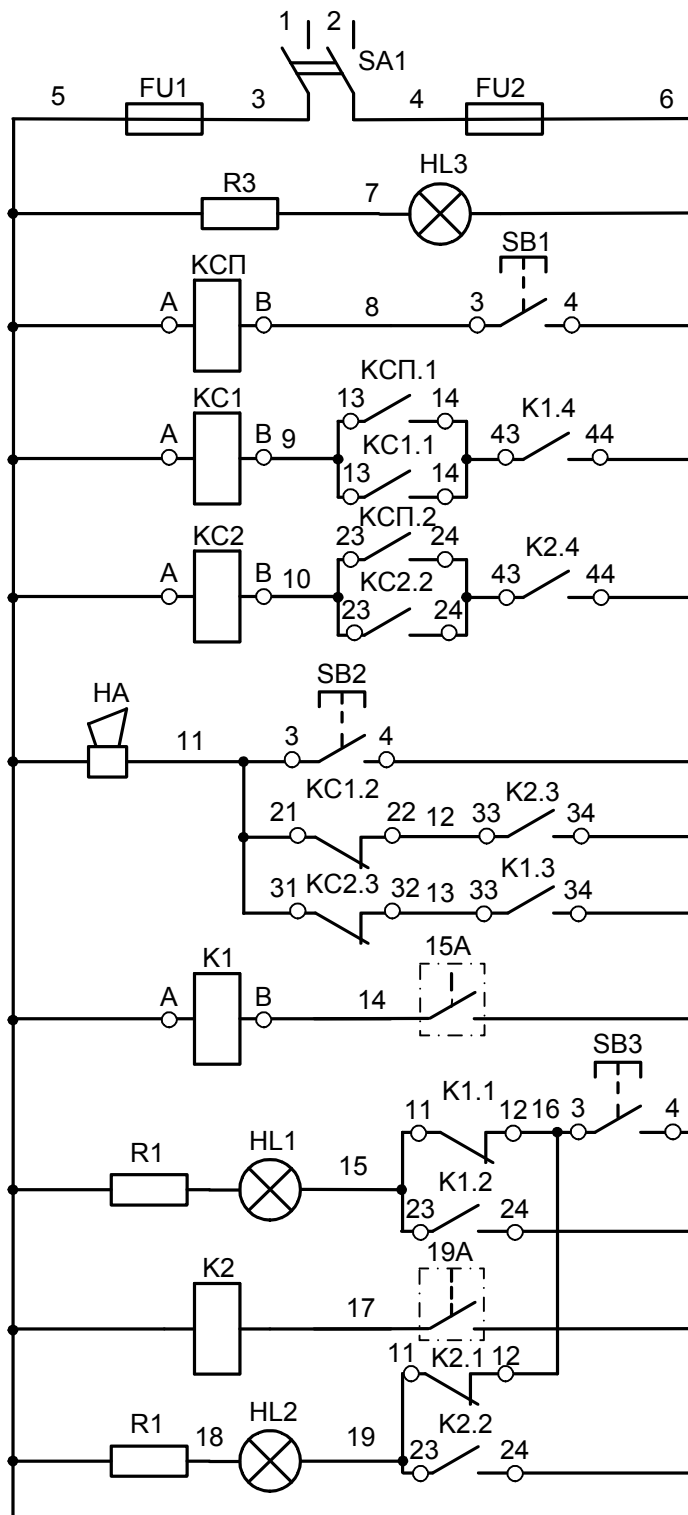


Рис. 2.21 – Схема електрична принципова сигналізації технологічного режиму

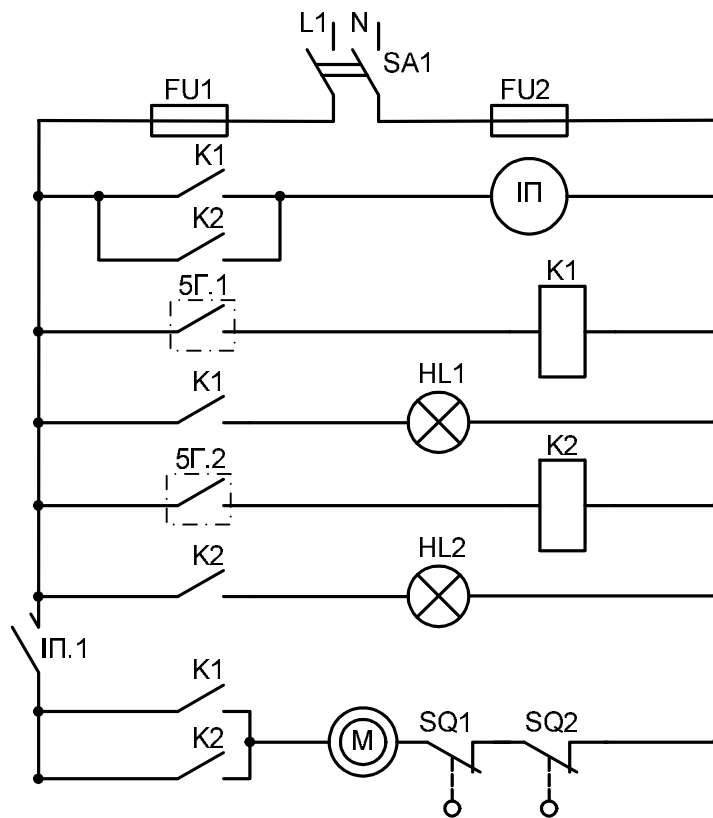


Рис. 2.23 – Схема електрична принципова автоматичного регулювання температурним режимом в приміщенні

На рис. 2.22 позначення: КНР – реле нижнього рівня, КВР – реле верхнього рівня.

Робота схеми. При опусканні рівня рідини у змішувачі до нижнього значення замикається контакт 3Г.1 прилада поз. 3Г (рис. 1.20), вмикається живлення котушки КНР і лампа HL1 отримує живлення через контакт КНР.1.

Якщо ПУ1 (перемикач типу керування) стоїть в положенні «А», то через контакт КНР.1 вмикається котушка КУ, замикається контакт КУ.1 і отримує живлення електромагнітний виконуючий механізм ЗД, перекриваючи вихід рідини із змішувача. Внаслідок цього рівень буде

збільшуватись. Якщо ПУ1 буде в положенні «Д», то натисненням SB3 вмикається КУ.1 і спрацьовує ЗД, відкриваючи вихід рідини з апарату.

Для схеми автоматизації регулювання і сигналізації температурного режиму в приміщенні рис. 1.21 принципова схема електричного регулювання і сигналізації показана на рис. 2.23.

При підвищенні температури вище норми вмикається контакт 5Г.1, спрацьовує К1, вмикається НЛ1 і двигун М, в результаті чого заслінка відкриває доступ холодного повітря забезпечуючи потрібну температуру в приміщенні.

Для підвищення стійкості в схемі запроєктовано ІП – імпульсний переривач (електромагнітний переривач). Він представляє собою ступінчатий багатоімпульсний переривач – електромеханічне реле зі ступінчатою настройкою тривалості імпульсу (ввімкнено) і паузи (вимкнено). Через контакт ІП.1 переривається робота електродвигуна. При зниженні температури повітря робота схеми аналогічна.

2.5.Схеми пневматичні принципові

Керування технологічними процесами у багатьох галузях промисловості будують на основі пневматичних засобів автоматизації, які застосовують як самостійно, так і в поєднанні із електричними, гідравлічними та комбінованими приладами і засобами.

Найбільш широко застосовують пневматичні системи автоматизації при проектуванні вибухонебезпечних та пожежонебезпечних технологічних процесів.

Виконання пневматичних схем регламентується ГОСТ 2.704–76 та ДСТУ Б А.2.4–3–95.

2.5.1 Схеми пневматичні принципові контурів контролю та керування

На пневматичних схемах контурів контролю та керування показують:

- 1) прилади, що входять до складу контурів;
- 2) пневматичні командні лінії зв'язку та лінії пневможивлення;
- 3) лінії підведення електроживлення.

Імпульсні лінії зв'язку, які підводять вимірювальні та регульовані середовища до датчиків, вимірювальних приладів та регуляторів, на пневматичних схемах не зображують.

Прилади (за винятком виконавчих механізмів та регулюючих органів, які зображуються за ДСТУ Б А.2.4–16) показують спрощено у вигляді прямокутників. При цьому показують:

а) у кружках розташованих по контуру прямокутника показують позначення вхідних та вихідних приєднань приладів (штуцерів) для підключення командних ліній зв'язку та живлення, що встановлені у технічній документації на прилад, або на відповідній схемі;

б) всередині прямокутника – літерно-цифрове позначення приладу.

Приклад виконання принципової пневматичної схеми керування показано на рис. 2.24.

Позначення приєднувальних штуцерів найбільш розповсюджених приладів наведені у таблиці 2.8.

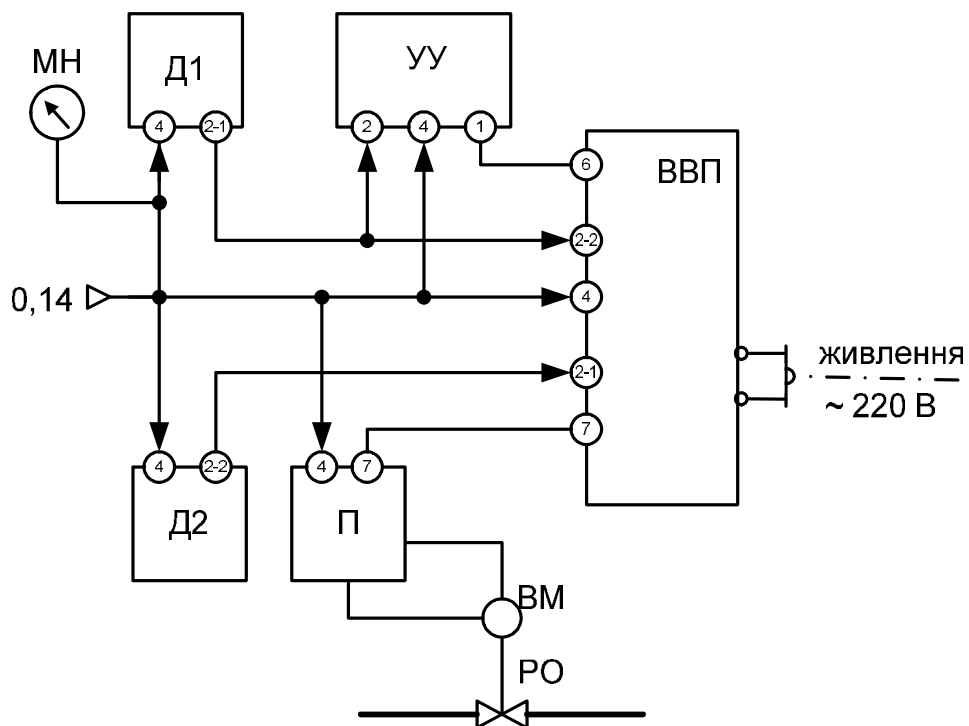


Рис. 2.24 – Пневматична принципова схема контуру керування

Якщо прилад має декілька приєднувальних штуцерів одного призначення, то в їх позначення через дефіс включають порядковий номер, наприклад 2-1, 2-2, 2-3.

Позначення приладу складається з літерного позначення, що відповідає функціональному призначенню приладу, та його порядкового номера, наприклад: РП1 (регулюючий пристрій №1), РП2, Ф1 (фільтр №1), Ф2, ППУ4 (пневматичний пристрій керування із 4 виходами) і т. п.

Літерні позначення найбільш розповсюджених приладів та елементів пневмоавтоматики приймають за таблицею 2.9 згідно ДСТУ Б А.2.4-3:2009.

Таблиця 2.8 – Позначення штуцерів

Позначення штуцера	Призначення
1	Вихід
2	Вхід (змінна)
3	До вимикаючого реле регулюючого пристрою
4	Живлення стиснутим повітрям
5	Завдання
6	Програма
7	До виконавчого механізму

Станції керування та окремі перемикаючі пристрої виконують спрощено, у розгорнутому вигляді, в обраному робочому положенні (ручному, автоматичному і ін.) із зазначенням режиму, для якого наведені елементи перемикаючих пристроїв.

Регулюючі органи показують на схемах у випадках, якщо вони є спільними з виконавчими механізмами.

Таблиця 2.9 – Літерні позначення приладів пневмоавтоматики

Найменування	Позначення
1	2
Датчик	Д
Вторинний вимірювальний прилад	ВВП
Вимірювальний механізм показувальний	ВМ-П
Вимірювальний механізм самописний	ВМ-С
Вимірювальний пристрій	ВП
Ручний задатчик	РЗ
Станція керування	СУ
Програмний задатчик	ПЗ
Регулюючий пристрій	РП
Регулюючий пристрій співвідношення	РПС
Кнопка перемикаючих пристроїв і станцій керування:	
Ручне дистанційне керування	Р
Автоматичне керування	А
Програмне регулювання	ПР
Регулятор увімкнений	Вкл.
Регулятор вимкнений	Викл.
Підсилювач потужності	ПП
Пристрій алгебраїчного підсумовування	ПАП
Пристрій попередження	ПрП
Пристрій множення на постійний коефіцієнт	ПМ
Блок обмеження сигналу	БО
Пневматичний сигналізатор	ПС

Продовження таблиці 2.9

1	2
Пневмотабло	ПТ
Реле перемикання	РП
Панель керування	ПУ
Виконавчий механізм	ВМ
Позиціонер	П
Манометр контрольний	МК
Фільтр повітря	Ф
Стабілізатор (редуктор) тиску повітря	СД
Вентиль запірний	ВЗ
Кран триходовий	К

Лінії зв'язку на пневматичних схемах виконують суцільними тонкими лініями, а лінії електроживлення – штрихпунктирними тонкими лініями. Стрілками вказують напрямок пневматичного сигналу. Лінії живлення стиснутим повітрям, електроживлення та скидання повітря в атмосферу допускається наносити за рис. 2.25.

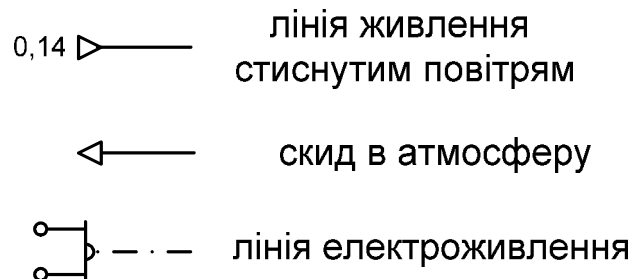


Рис. 2.25 – Позначення ліній живлення на пневматичних схемах

2.5.2 Схеми пневматичні принципові живлення

На принципових пневматичних схемах живлення показують схему забезпечення пневматичних приладів, засобів автоматизації та допоміжної апаратури (пневмоприймачив) енергією стиснутого повітря.

У якості джерела живлення для пневматичних систем автоматизації використовують енергію стиснутого повітря від повітряних компресорних установок систем повітропостачання підприємств.

Для живлення пневматичних засобів автоматизації використовують стиснене повітря, яке попередньо проходить декілька стадій очищення. Параметри повітря: $t = 10 \div 50^{\circ}\text{C}$, номінальний тиск $P = 0,14 \text{ МПа}$ ($1,4 \text{ кг/см}^2$), вологість відповідає температурі точки роси для 40°C .

Принципова пневматична схема технологічного процесу підготовки стисненого повітря наведено на рис. 2.26.

Компресор забирає повітря через забірник повітря (ЗП) і забірний фільтр (Ф). Після компресора знаходиться зворотний клапан (КЗ). Стиснення повітря в компресорі супроводжується підвищенням температури до $t = 50^{\circ}\text{C}$, тому в конденсаторі-холодильнику (АТ) воно охолоджується до $+20^{\circ}\text{C}$, а в фільтрі-вологівіддільнику (ВД) видаляється значна кількість вологи. Далі повітря подається в ресивер (РС), в якому повинен бути запас повітря не менше як на 15-20 хвилин роботи автоматики. Крім того ресивер згладжує коливання тиску повітря після компресору. Ресивер обладнано запобіжним клапаном (КЗП), пристроєм відведення конденсату (АК) та манометром (МК). Після ресивера повітря очищується комплексом фільтрів: грубого очищення (ФГ) для видалення твердих частинок; загального очищення (ФЗ) для видалення твердих частинок, мастила та води із стисненого повітря; тонкого очищення (ФТ) для видалення води та мастила в аерозольному вигляді; вугільний (ФВ) для

затримки парів мастила. На виході встановлено витратомір (ВМ) для обліку витрати стисненого повітря та клапан (ВН).

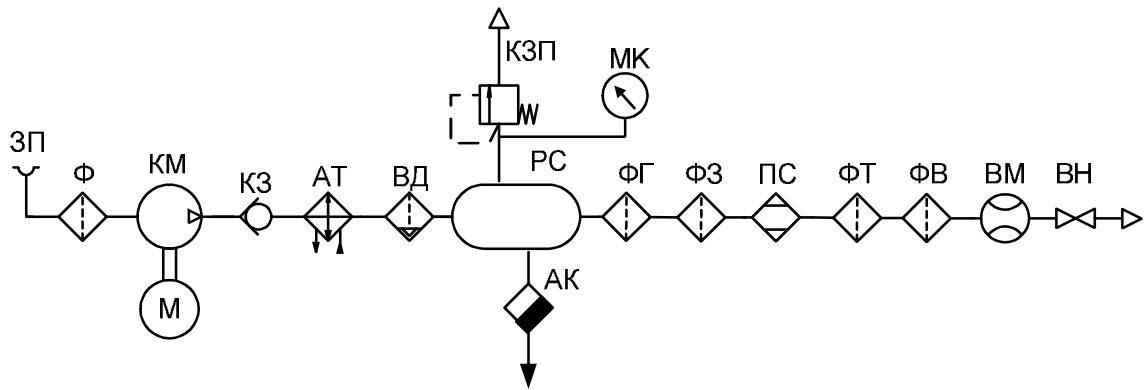


Рис. 2.26 – Принципова пневматична схема підготовки стисненого повітря

ЗП – забірник повітря; Ф – фільтр; КМ – компресор; КЗ – клапан зворотний; АТ – апарат теплообмінний (охолоджувач); ВД – фільтр-вологівіддільник із автоматичним відведенням конденсату; РС – ресивер; КЗП – клапан запобіжний прямої дії; МК – манометр; АК – пристрій відведення конденсату; ФГ – фільтр грубого очищення; ФЗ – фільтр загального очищення; ФС – повітросушильник; ФТ – фільтр тонкого очищення; ФВ – фільтр вугільний; ВМ – витратомір; ВН – вентиль.

При експлуатації системи очистки повітря необхідно проектувати два компресори. При аварійному вимиканні, резервний компресор і вся система повинні вмикатись, як правило, автоматично.

Для КВПіА використовується стиснене повітря 1-го класу забрудненості (за ГОСТ 17433): максимально низький вміст парів води ($0,0033 \text{ г/м}^3$, точка роси $-70 \text{ }^\circ\text{C}$), фільтрація мастила (менше $0,01 \text{ мг/м}^3$) та твердих частинок ($0,01 \text{ мкм}$).

ГОСТ 13053 та ГОСТ 26.015 передбачає такі стандартні значення вхідних та вихідних сигналів пневматичних приладів та пристроїв:

- а) робочий діапазон зміни вхідних та вихідних аналогових сигналів $0,02 - 0,1 \text{ МПа}$;

- б) амплітуди вхідних та вихідних дискретних сигналів відповідають логічним сигналам 0 та 1 (у двійковому коді);
- в) тиск стиснутого повітря дискретних сигналів при значенні «0» складає від 0 до 0,01 МПа, при значенні «1» – від 0,11 до 0,14 МПа;
- г) тиск стиснутого повітря живлення $0,14 \pm 0,014$ МПа;
- д) для приводів виконуючих механізмів тиск повітря живлення 0,14; 0,25; 0,4; 0,6; 0,63; 0,8; 1,0 МПа із припустимим відхиленням $\pm 10\%$ від номінального.

Потужність джерел живлення повітрям визначається такою залежністю:

$$Q_c = Q + Q_v,$$

де Q_c – сумарні витрати повітря;

Q – витрати повітря без врахування втрат;

Q_v – втрати повітря, які складають

$$Q_v = 0,2 Q_c.$$

Для розрахунку сумарних витрат повітря необхідно орієнтуватись, в першу чергу, на індивідуальні витрати на відповідні прилади, які приводяться в таблицях.

Для живлення засобів автоматизації в системі постачання повітрям проектується колектор стисненого повітря, з якого проводиться забір повітря на систему пневмоавтоматики.

Схеми пневможивлення розробляють в основному при великій кількості пневмоприймачів. При незначній кількості пневмоприймачів

окремі схеми не виконують, а апаратуру пневможивлення показують на принципових схемах автоматичного регулювання.

В залежності від взаємного розташування джерел та пневмоприймачів стиснутого повітря, конфігурації та вимог резервування мережі пневможивлення можуть бути: радіальними із одностороннім та двостороннім живленням, магістральними та кільцевими магістральними.

Радіальні мережі застосовують, якщо група пневмоприймачів розташована у різних напрямках від джерела живлення. Радіальні мережі із одностороннім живленням застосовують для маловідповідальних споживачів стиснутого повітря, із двостороннім – для відповідальних споживачів.

Магістральні мережі пневможивлення застосовують для маловідповідальних споживачів, коли відстань між споживачами менша ніж відстань між споживачами та джерелом живлення.

Мережі із кільцевою магістраллю застосовують для постачання стиснутим повітрям пневмоприймачів, які обслуговують відповідальне технологічне обладнання.

На пневматичних схемах живлення показують:

- а) головний та розподільні колектори;
- б) мережі повітроводів від колекторів до пневмоприймачів;
- в) стабілізатори тиску повітря і фільтри;
- г) контрольні манометри;
- д) запірну арматуру;
- е) резервні та продувочні вентиля;
- ж) повітрозбірники (при необхідності).

На схемах живлення повітроводи не нумерують і пневмоприймачи не зображують. При цьому в нижній частині схеми наводять таблицю з характеристикою пневмоприймачів (позиційні позначення відповідно до

схеми автоматизації, типи, витрата стиснутого повітря, місця встановлення).

Умовні графічні позначення, що застосовуються на схемах живлення, приймають за такими стандартами:

фільтри повітря – ГОСТ 2.793;

стабілізатори (редуктори) тиску повітря – ГОСТ 2.785;

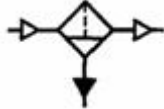
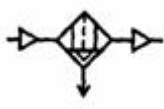
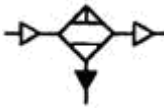
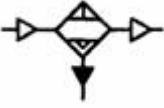
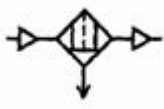
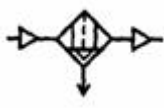

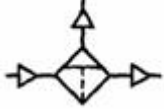

вентилі запірні, крани триходові – ГОСТ 2.785;

манометри контрольні – ГОСТ 2.781;





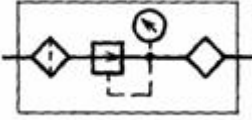

трубопроводи стиснутого повітря – ДСТУ Б А.2.4-1.

Деякі умовні графічні позначення наведені в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Умовні позначення в схемах пневматичних принципових живлення

Найменування	Позначення
ГОСТ 2.793-79 Обозначения условные графические в схемах. Элементы и устройства машин и аппаратов химических производств	
1. Фільтри	
а) для відділення рідких фракцій:	
з ручним спусканням	
з автоматичним спусканням	
хімічним способом з ручним спусканням	
хімічним способом з автоматичним спусканням	
б) для відділення твердих фракцій:	
з ручним очищенням	
з автоматичним очищенням	
в) електромагнітний	
г) для відділення газових фракцій:	
з ручним очищенням	
з автоматичним очищенням	




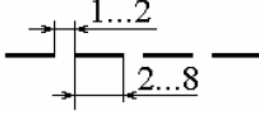
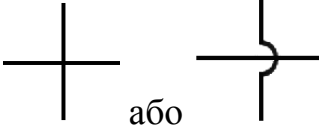




Продовження таблиці 2.10

Найменування	Позначення
д) повнопотоковий	
е) неповнопотоковий	
1а. Вологовіддільник	
з ручним спусканням	
з автоматичним спусканням	
1б. Повітросушник	
1в. Установа для кондиціонування повітря	 <p>або</p> 
ГОСТ 2.785 Обозначения условные графические. Арматура трубопроводная	
2. Вентиль (клапан) запірний	
а) прохідний	
б) кутовий	
3. Вентиль (клапан) триходовий	

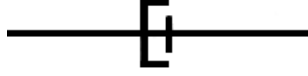


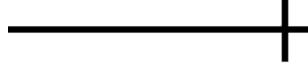

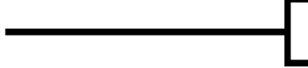

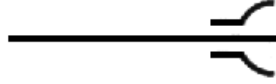


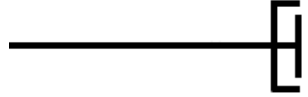

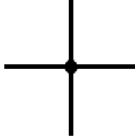
Продовження таблиці 2.10

Найменування	Позначення
4. Вентиль (клапан) регулювальний	
а) прохідний	
б) кутовий	
4. Клапан зворотний (клапан неповоротний):	
а) прохідний	
б) кутовий	
Примітка. Рух робочого середовища через клапан повинен бути спрямований від білого трикутника до чорного	
5. Клапан запобіжний:	
а) прохідний	
б) кутовий	
6. Клапан дросельний	
7. Клапан редукційний Примітка. Вершина трикутника має бути спрямована у бік підвищеного тиску	

Продовження таблиці 2.10

Найменування	Позначення
ГОСТ 2.781 Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические, устройства управления и приборы контрольно-измерительные	
8. Манометр	
9. Манометр, що дає електричний сигнал (електроконтактний)	
ДСТУ Б А.2.4-1:2009 Умовні зображення і позначки трубопроводів та їх елементів	
10. Трубопроводи:	
а) видимі	
б) невидимі	
11. З'єднання трубопроводів	
12. Перетин трубопроводів без з'єднання	 або
13. Трубопровід гнучкий, шланг	 або 
14. З'єднання трубопроводів рознімне:	
а) загальне позначення	
б) фланцеве	






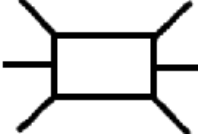
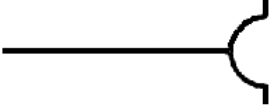
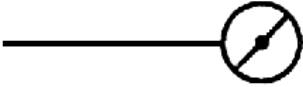
Продовження таблиці 2.10

Найменування	Позначення
в) штуцерне різьбове	
г) муфтове різьбове	
д) муфтове еластичне	
15. Кінець трубопроводу під роз'ємне з'єднання:	
а) загальне позначення	
б) фланцеве	
в) штуцерне різьбове	
г) муфтове різьбове	
д) муфтове еластичне	
16. Кінець трубопроводу із заглушкою (пробкою):	
а) загальне позначення	
б) фланцеве	
в) різьбове	
17. Деталі з'єднань трубопроводів:	
а) трійник	
б) хрестовина	

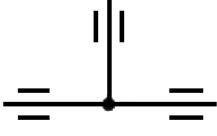
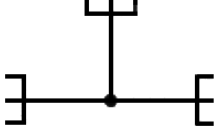
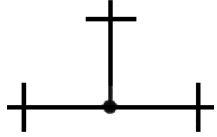
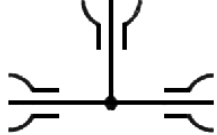
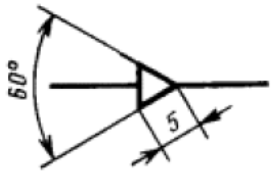
Продовження таблиці 2.10

Найменування	Позначення
в) відвід (коліно)	
г) розгалужувач, колектор, гребінка	
18. Сифон (гідрозатвор)	
19. Перехід, патрубок перехідний:	
а) загальне позначення	
б) фланцевий	
в) штуцерний	
20. Компенсатор:	
а) загальне позначення	
б) П-подібний	
в) ліроподібний	
г) лінзовий	
д) хвилястий	

Продовження таблиці 2.10

Найменування	Позначення
е) Z-подібний	
є) сифонний	
ж) кільцеподібний	
з) телескопічний	
21. Вставка:	
а) амортизаційна	
б) звукоізолююча	
в) електроізолююча	
22. Забірник повітря з атмосфери	
23. Забірник від двигуна	
24. Приєднувальний пристрій до інших систем (до випробовувальних, промивальних машин, кондиціонерів робочого середовища і т. п.)	

Продовження таблиці 2.10

Найменування	Позначення
25. Приклади позначення трійника в залежності від способу з'єднання із іншими елементами трубопроводів:	
а) різьбовий муфтовий	
б) різьбовий штуцерний	
в) фланцевий	
г) еластичний	
ГОСТ 2.721-74 Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения	
26. Потік газу або повітря	

На схемах пневможивлення встановлено наступний порядок розташування допоміжної апаратури у напрямку живлення: запірний орган ВН, повітряний фільтр Ф, редуктор СД, контрольний манометр МК із триходовим краном К.

На схемах пневможивлення вказують діаметри умовних проходів (Ду) труб колекторів та відгалужень повітропроводів до пневмоприймачів. Над лінією, що зображує колектор, вказують тиск, під лінією – витрату стиснутого повітря. Фрагмент схеми живлення системи автоматизації стисненим повітрям приведено на рис. 2.27.

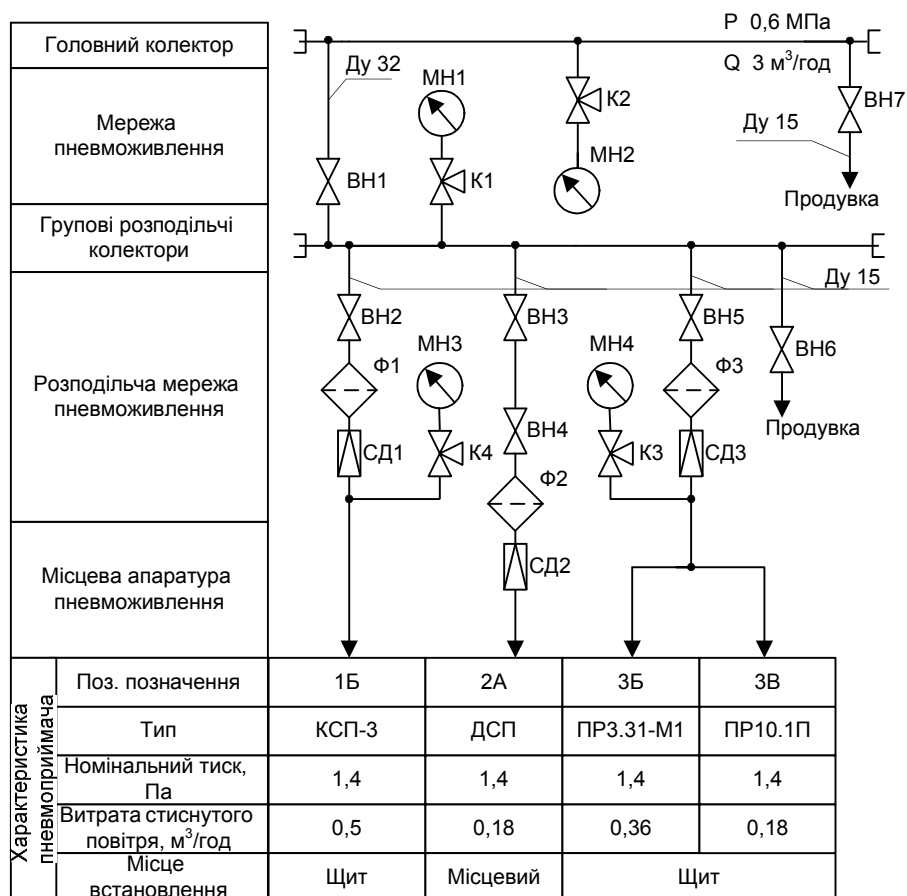


Рис. 2.27 – Схема принципова пневматична живлення

Запірна арматура, яка позначена на схемі пневможивлення, призначена для:

- а) припинення подавання живлення до окремих групових розподільних колекторів та окремих споживачів при збереженні живлення інших пневмоприймачів;
- б) продування ліній живлення окремих споживачів.

Запірні органи встановлюють на усіх відгалуженнях від магістрального повітропроводу, на входах до колекторів (при радіальній системі живлення) та між колекторами у кожного з них (при магістральній системі живлення).

Індивідуальні повітряні фільтри потрібні для повторного очищення повітря перед його надходженням до пневмоприймачів, а індивідуальні редуктори – для зниження та автоматичного підтримання заданого тиску повітря, що споживається пневмоприймачами.

Контрольні манометри забезпечують контроль тиску стиснутого повітря в колекторах, на виході редукторів, на вході і виході групових фільтрів.

Для схем принципів пневматичних складають перелік елементів, форма якого така сама, як і для схем електричних принципів (рис. 2.9).

У переліку елементів до пневматичних схем вказують:

- а) у графі "Поз. позначення" – позначення приладу, що зображений на схемі;
- б) у графі "Найменування" – найменування приладу та його тип;
- в) у графі "Примітка" – позначення приладів, що вказані на схемах автоматизації.

Таблиця 2.11 – Приклад виконання переліку елементів до рис. 2.24

Поз. позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
	<u>Апарати за місцем</u>		
Д1, Д2	Ротаметр пневматичний	2	44Б, 45А
	РП-16ЖУЗ		
ВМ	Клапан регулюючий фланцевий	1	44Д
	25ч37нж		
	<u>Щит керування</u>		
ВВП	Прилад контролю пневматичний	1	44В
	показуючий ПКП.2		
РП	Пристрій регулюючий	1	45Г
	пневматичний пропорційно-		
	інтегральний ПР3.31М1		

2.6. Питання для самостійної роботи

1. Що означають літери «А» і «В» біля зображення котушки реле KV на рис. 2.3?
2. Чому на рис. 2.3 у ламп HL1, HL2 та резисторів R1, R2 не позначені виводи?
3. Яку функцію виконують прилади КК1 та КК2 в схемі на рис. 3.3?
4. Що означає позначення $\neq A2$ в схемі на рис. 2.3?
5. За яким правилом нумеруються контакти приладів, у яких відсутнє заводське маркування?
6. Яким чином позначаються фази при використанні трифазного живлення?
7. Для схем, що зображені на рис. 2.17 – 2.19, 2.22 – 2.23 проставити маркування контактів приладів.

3. ЩИТИ ТА ПУЛЬТИ

3.1. Призначення та конструкція щитів і пультів

3.1.1 Загальні положення

Щити та пульти систем автоматизації призначені для розміщення на них засобів контролю та керування технологічним процесом, контрольно вимірювальних приладів, сигнальних пристроїв, апаратури керування, захисту, блокування, ліній зв'язку між ними і т. ін.

Щити та пульти встановлюються у виробничих та спеціальних щитових приміщеннях: операторських, диспетчерських, апаратних і т. ін.

Щити та пульти систем автоматизації повинні відповідати ГОСТ 24.206-80 «Система технической документации на АСУ. Требования к содержанию документов по техническому обеспечению», ОСТ 36.13-90 «Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов. Общие технические условия», та керуючим матеріалам РМ 3-82-90 «Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов. Особенности применения. Пособие к ОСТ 36.13-90», РМ 4-107-82 «Системы автоматизации технологических процессов. Требования к выполнению технической документации на щиты и пульты».

При проектуванні щитів та пультів слід вирішувати наступні питання:

- а) вибору типів та розмірів шаф, панелей з каркасом, корпусів пультів, стійок з допоміжних елементів щитів та пультів;

- б) визначення монтажних зон щитів шафових, панельних з каркасом та малогабаритних, стативів, пультів, декоративних панелей та поворотних рам;
- в) компоновки приладів та апаратури, а також виробів для їх монтажу на фасаді та всередині щитів шафових, панельних з каркасом, малогабаритних, стативів, пультів та поворотних рам;
- г) компоновки щитів та пультів в операторських диспетчерських приміщеннях;
- д) визначення місць прокладки електричних та трубних провідок, а також визначення марок провідок і труб.

3.1.2 Конструкція щитів і пультів

Основні елементи щитів і пультів визначені за ОСТ 36.13-90. Конструкція і типи щитів та пультів визначаються структурою, представленою на рис. 3.1.

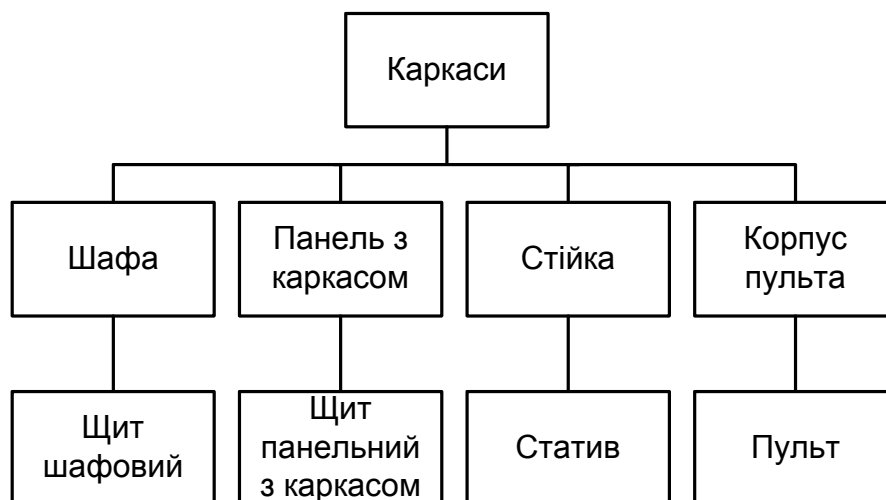


Рис. 3.1 – Типи щитів та пультів

Головною металоконструкцією стійок, панелей з каркасом, шаф та корпусів щитів є каркас. Каркас – жорсткий, несучий, об’ємний або плоский металевий остов, призначений для встановлення на ньому панелей, стінок, дверей, кришок і т. п. та монтажу приладів, апаратів, арматури, електричної і трубної проводки.

Шафа – об’ємний каркас на опорній рамі із встановленими на ньому панеллю, стінками, дверима, кришкою.

Панель з каркасом – об’ємний каркас на опорній рамі із встановленою на ньому панеллю.

Стійка – об’ємний або плоский каркас на опорній рамі.

Щит шафовий, щит панельний з каркасом, статив та пульт представляють собою відповідно шафу, панель з каркасом, стійку та корпус пульта із встановленими апаратурою, арматурою, електричною і трубною проводками, підготовлений до підключення зовнішніх ланцюгів та приладів, що встановлюються на об’єкті.

Об’ємний каркас складається з чотирьох стійок-швелерів із отворами з маркуванням (з кроком 25 мм, \varnothing 6,6 мм), які дозволяють встановлювати поперечні рейки для проводок у щиті, встановлювати на них апаратуру і використовувати їх як опорні конструкції для приладів з великими розмірами по глибині. До стійок приєднані верхня та нижня рами. Спереду між стійками встановлюють декілька перемичок для кріплення передньої панелі.

Шляхом навішування на каркас панельних елементів (панелей, кришок, дверей, стінок) компонують щити різних типів (шафові, секційні і т. п.).

В залежності від типу щита панельного з каркасом (ЩПК) може бути встановлена одна бокова стінка Л або П. Шафа типу ЩШ-ЗД являє собою стійку з фасадними панелями, боковими стінками, кришкою та дверима. В

щитах ЩПК і ЩШ-ЗД м. б. встановлені поворотні рами для розміщення апаратури. Шафа типу ЩШ-ЗД мають двері з передньою та задньою стороною. Габаритні та установочні розміри деяких щитів та стативів подано на рис. 3.2 та табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Умовні найменування щитів, стативів і пультів

Найменування	Позначення
Щит панельний з каркасом	ЩПК
Щит панельний з каркасом закритий з правої сторони	ЩПК-ЗП
Щит панельний з каркасом закритий з лівої сторони	ЩПК-ЗЛ
Щит панельний з каркасом двосекційний	ЩПК-2
Щит панельний з каркасом двосекційний, закритий з правої сторони	ЩПК-2-ЗП
Щит панельний з каркасом двосекційний, закритий з лівої сторони	ЩПК-2-ЗЛ
Щит панельний з каркасом трьохсекційний	ЩПК-3
Щит панельний з каркасом двосекційний, закритий з правої сторони	ЩПК-3-ЗП
Щит панельний з каркасом двосекційний, закритий з лівої сторони	ЩПК-3-ЗЛ
Статив	С
Статив двосекційний	С-2
Статив трисекційний	С-3
Статив плоский	СП
Панель допоміжна з дверима	ПнВ-Д
Панель допоміжна	ПнВ
Вставка кутова	ВУ
Пульт	П
Пульт з нахиленою приладовою приставкою	ПНП

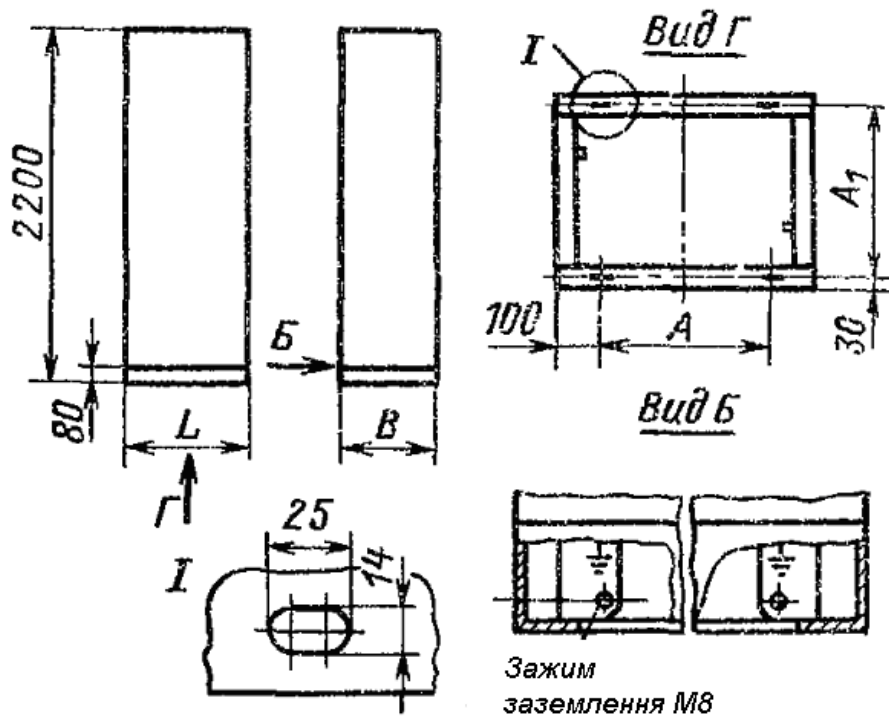


Рис. 3.2 – Габаритні розміри щитів та стативів з каркасом

Таблиця 3.2 – Габаритні розміри (до рис.3.2)

Найменування	Розміри, мм			
	L	A	B	A ₁
ЩШ-3Д, ЩШ-ПЗД, ЩПК, С	600	400	600	540
	800	600		
	1000	800		
ЩШ-3Д, ЩШ-ПЗД	1000	800	800	740
ЩШ-2, ЩПК-2, С-2	1200	1000	600	540
	1400	1200		
	1600	1400		
	1800	1600		
	2000	1800		
ЩШ-3, ЩПК-3, С-3	1800	1600	600	540
	2000	1800		
	2200	2000		
	2400	2200		

Примітка. Висота щитів та стативів, вказаних в табл. 3.2 – 2200 мм.

Шафа малогабаритна для щитів типу ЩШМ представляє собою (рис. 3.3) зварний каркас 7, на якому з допомогою петель 4 встановлено двері 3,

із замком 1, та знімні кришки 6, 12, які закріплюються болтовими з'єднаннями.

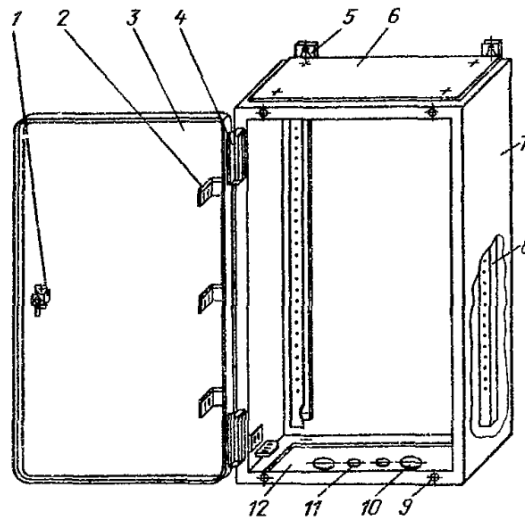


Рис. 3.3 – Шафа малогабаритна

Нижня кришка 12 має отвори, що закриваються заглушками 10, 11, для введення зовнішніх проводок. На двері та каркасі є кутники 2 для кріплення джгутів електричних проводок. На задній стінці каркасу встановлено два знімних швелера 8 із отворами діаметром 6,6 мм з кроком 25 мм для закріплення деталей для монтажу апаратури та проводок. Подібна шафа розрахована на встановлення на підлозі (на спеціальній підставці) або на підвісне встановлення за допомогою кронштейнів 5.

Габаритні розміри щитів малогабаритних наведені на рис. 3.4 та в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Габаритні розміри щитів малогабаритних (рис. 3.4)

Найменування	Розміри, мм						
	L	A	B	A ₁	A ₂	A ₃	H ₁
ЩШМ	600	400	250	650	290	200	680
	1000	600	360	1050	490	300	1030
	1000	600	500	1050	490	450	1080

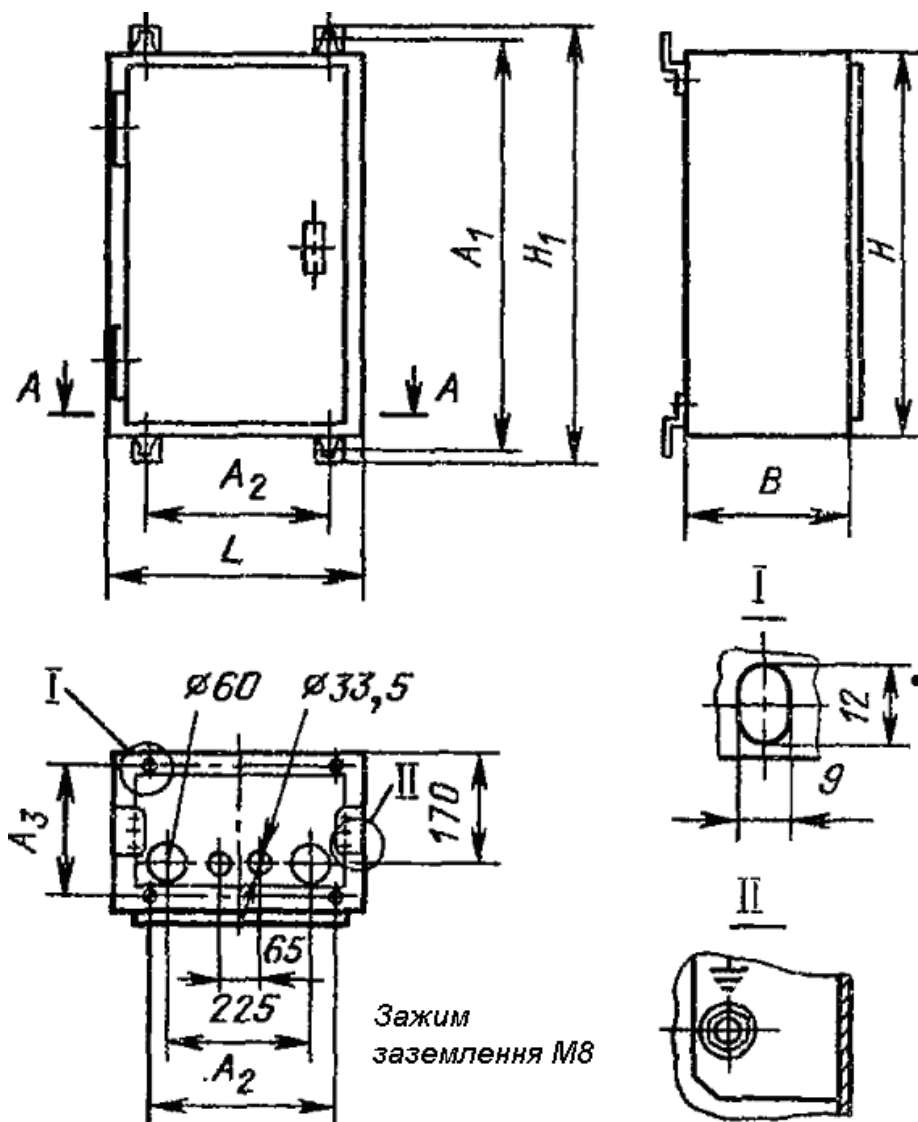


Рис. 3.4 - Габаритні розміри щитів малогабаритних

Основною несучою конструкцією корпусів пультів є каркас, який для пульта типу II складається з бокових стінок, що з'єднані між собою швелерами. Для пульта ПНП додається каркас похилої приладної приставки. Спереду та ззаду пульт має двері для доступу до внутрішніх поверхонь, а зверху – поворотна панель стільниці (для II) та панель похилої приладної приставки (для ПНП). Стільниця та приладна приставка використовуються для розміщення апаратури керування.

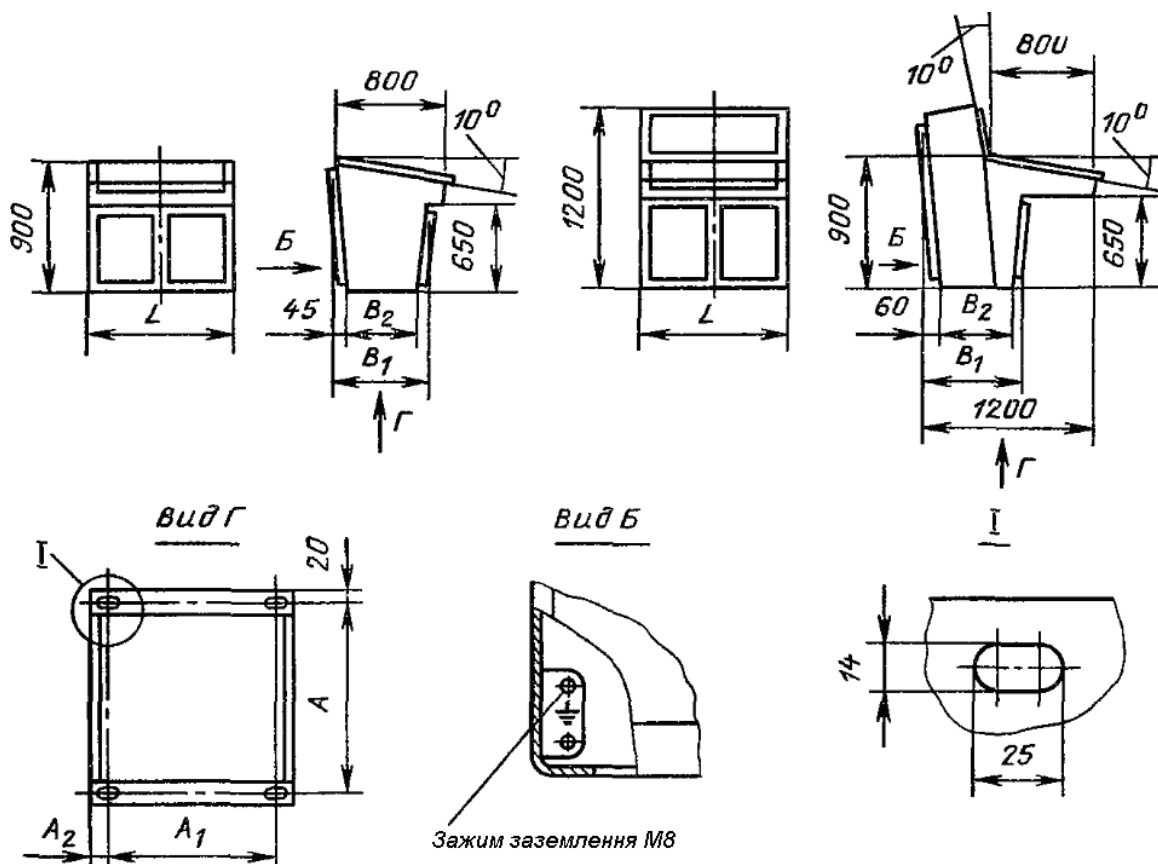


Рис. 3.5 – Габаритні та установочні розміри пультів

Таблиця 3.4 – Габаритні та установочні розміри пультів

Найменування	Розміри, мм					
	L	B ₁	B ₂	A	A ₁	A ₂
П	600	650	570	560	500	35
	800			760		
	1000			960		
ПНП	600	650	555	560	500	30
		1050	955		890	
	800	650	555	760	500	
		1050	955		890	
	1000	650	555	960	500	
		1050	955		890	

Для побудови умовного найменування щитів, передбачених ОСТ 36.13 та ОСТ 36.ЭД1.3, треба скористатися схемою на рис. 3.5

Відповідно до рис. 3.6, умовне найменування щита панельного з каркасом, трисекційного, закритого зліва, виконання І, з поворотною рамою на каркасі шириною 600 мм, шириною секцій 800, 800 та 600 мм буде: «щит ЩПК-3-ЗЛ-І-(800+800+600)-УХЛ4-ІР00 ОСТ 36.13-90».

Щит шафовий із задніми дверима, одиночний, відкритий з права, виконання ІІ, шириною 1000 мм та глибиною 800 мм: «щит ЩШ-ЗД-ОП-ІІ-1000x800-УХЛ4-ІР00 ОСТ 36.13-90».

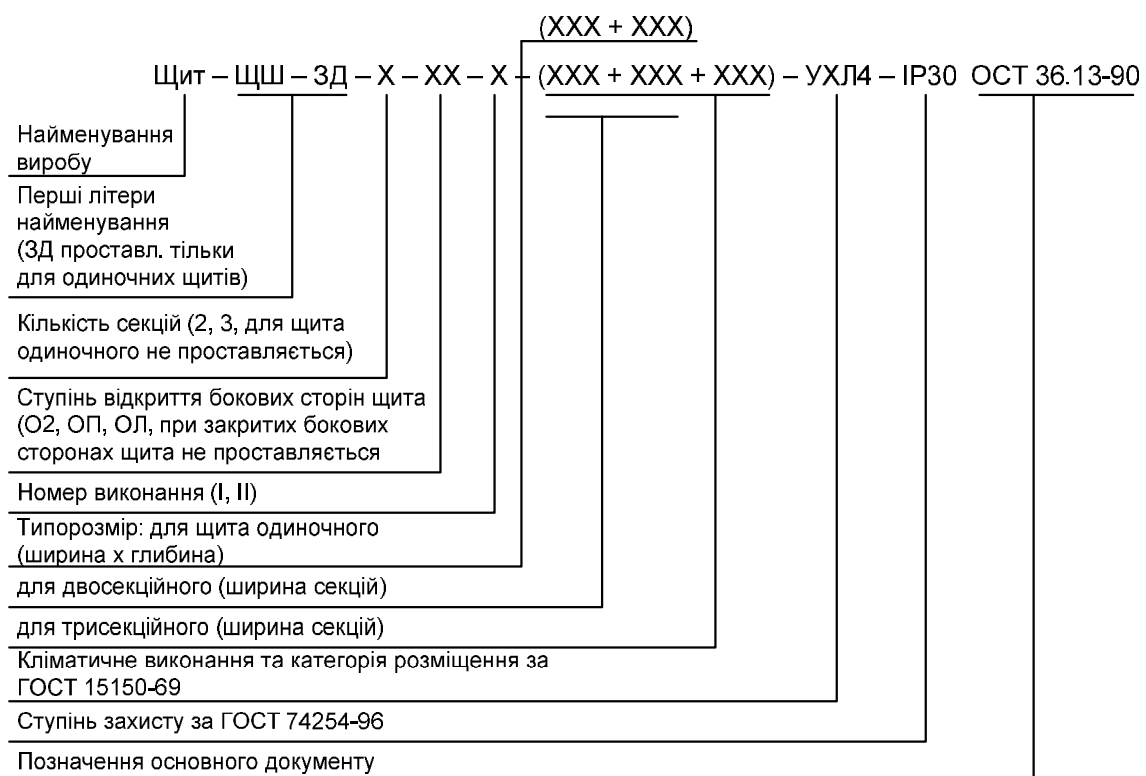


Рис. 3.6 – Структура побудови умовних найменувань щитів

3.1.3 Монтажні зони щитів і пультів

Для виконання монтажу приладів та устаткування на щитах та пультах доступна не вся поверхня панелей. В деяких місцях встановленню приладів заважають конструктивні елементи щитів – стійки, петлі дверей і

т. п. Тому для кожного типу щитів та пультів визначені монтажні зони, в яких можливо встановлювати прилади. Розміри монтажних зон деяких типів щитів наведено на рис. 3.7 – 3.11 та табл. 3.5 – 3.6.

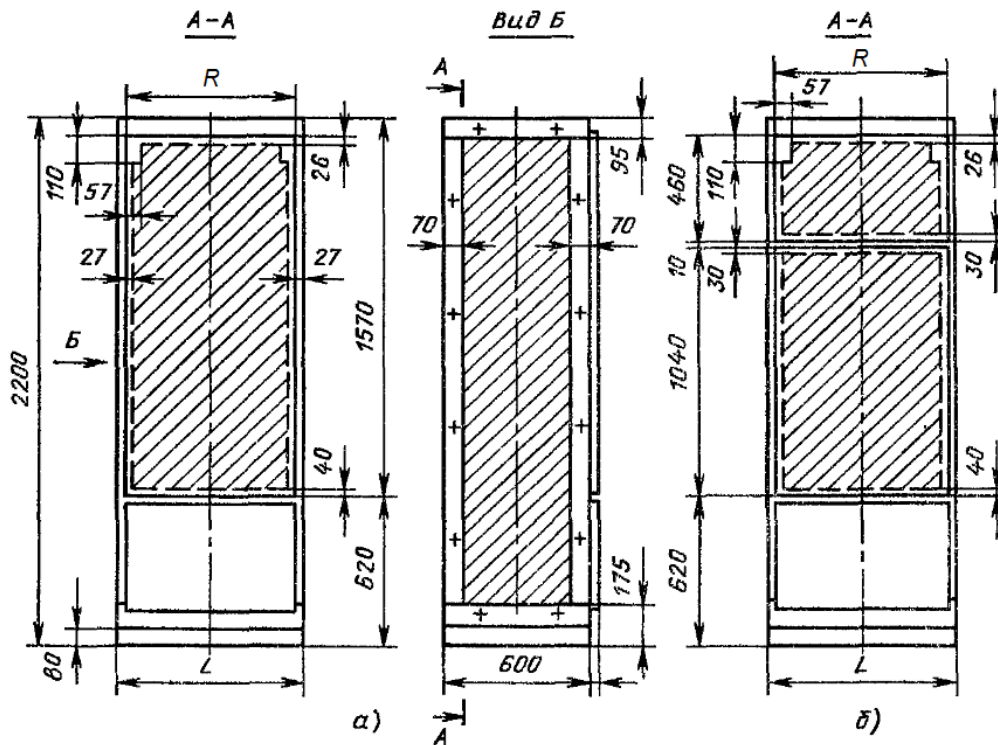


Рис. 3.7 - Монтажні зони панелі з каркасом щита ЩПК:

а – виконання I; б – виконання II

Таблиця 3.5 - Монтажні зони ЩПК (до рис. 3.7)

Умовні найменування щита панельного з каркасом	Розміри, мм	
	L	R
ЩПК	600	590
ЩПК-ЗП	800	790
ЩПК-ЗЛ	1000	990

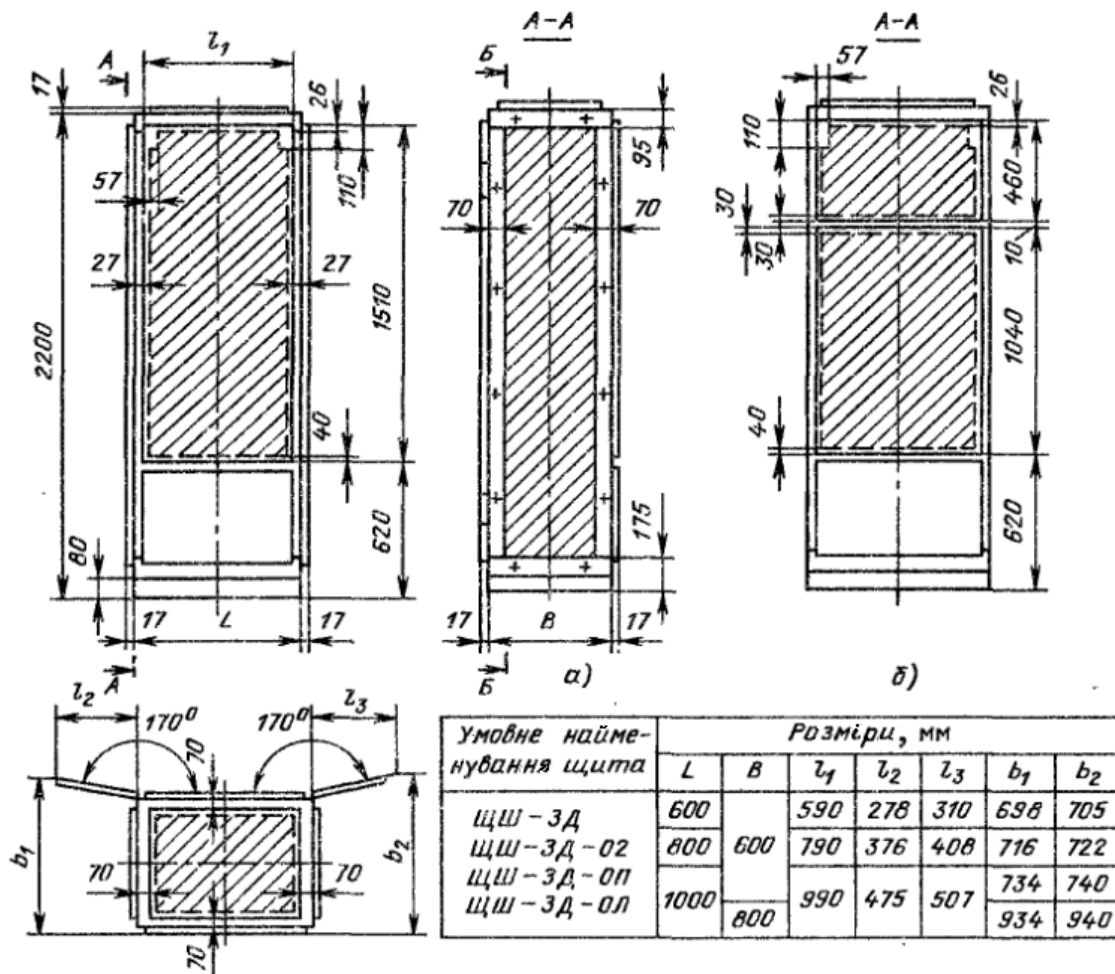


Рис. 3.8 - Монтажні зони шафових щитів ЩШ-ЗД:
 а – виконання І; б – виконання ІІ

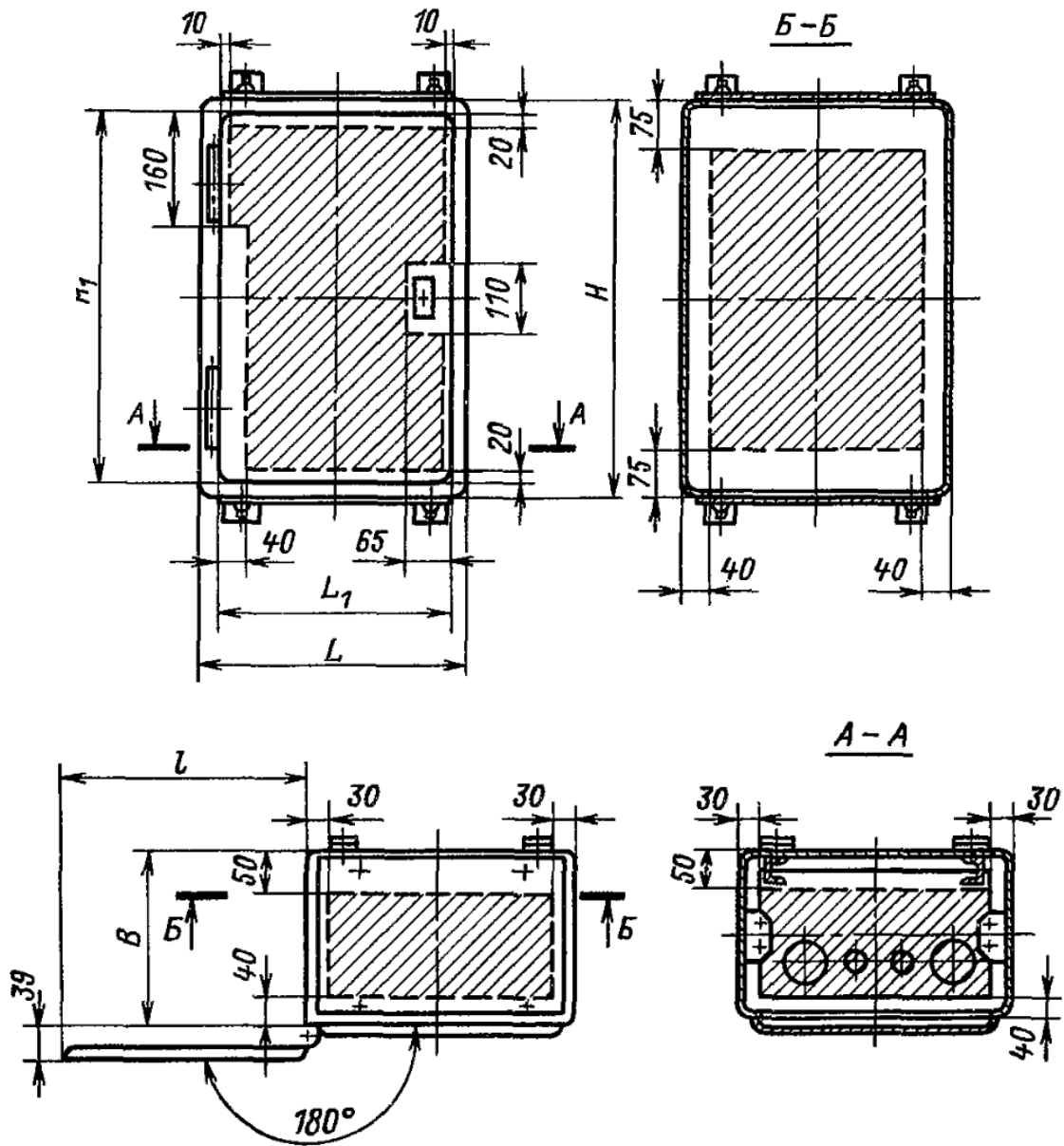


Рис. 3.9 - Монтажні зони шафового малогабаритного щита ЩШМ

Таблиця 3.6 - Монтажні зони ЩШМ (рис. 3.9)

Найменування	Розміри, мм					
	L	H	B	L ₁	H ₁	r
ЩШМ	400	600	250	354	560	355
	600	1000	350	554	960	555
	600	1000	500	554	960	555

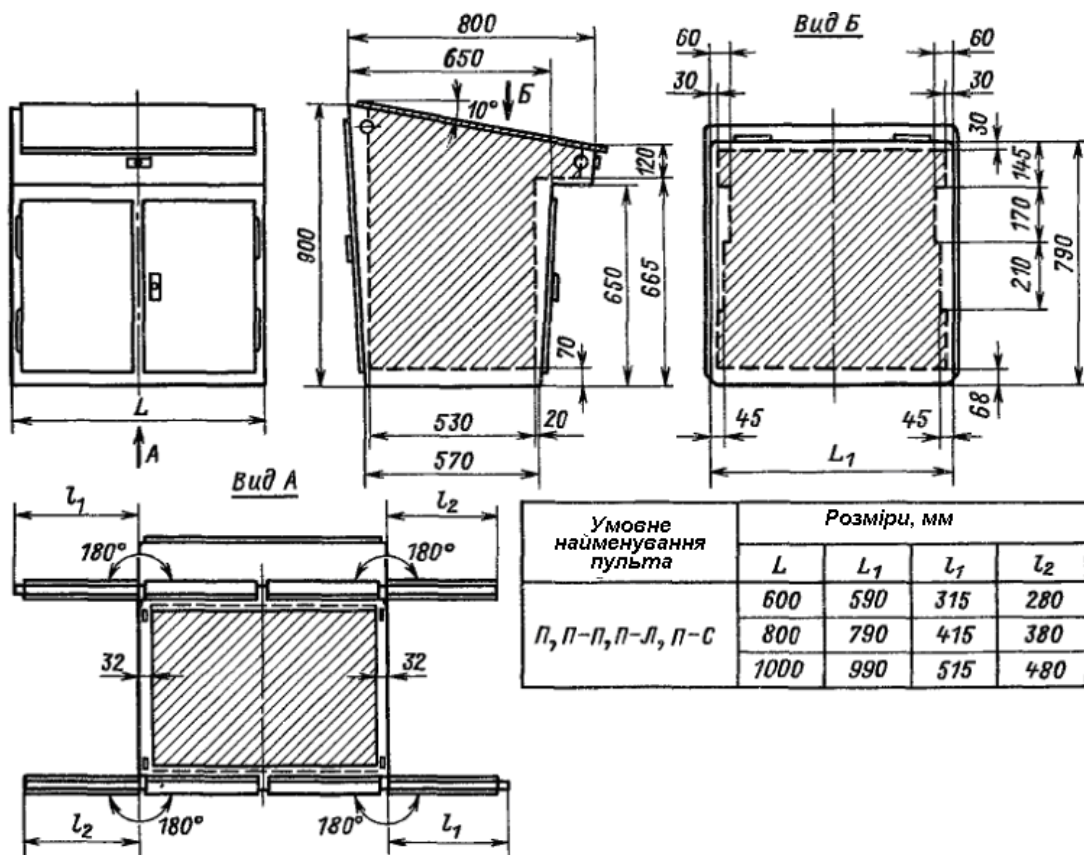


Рис. 3.10 - Монтажні зони пульта П

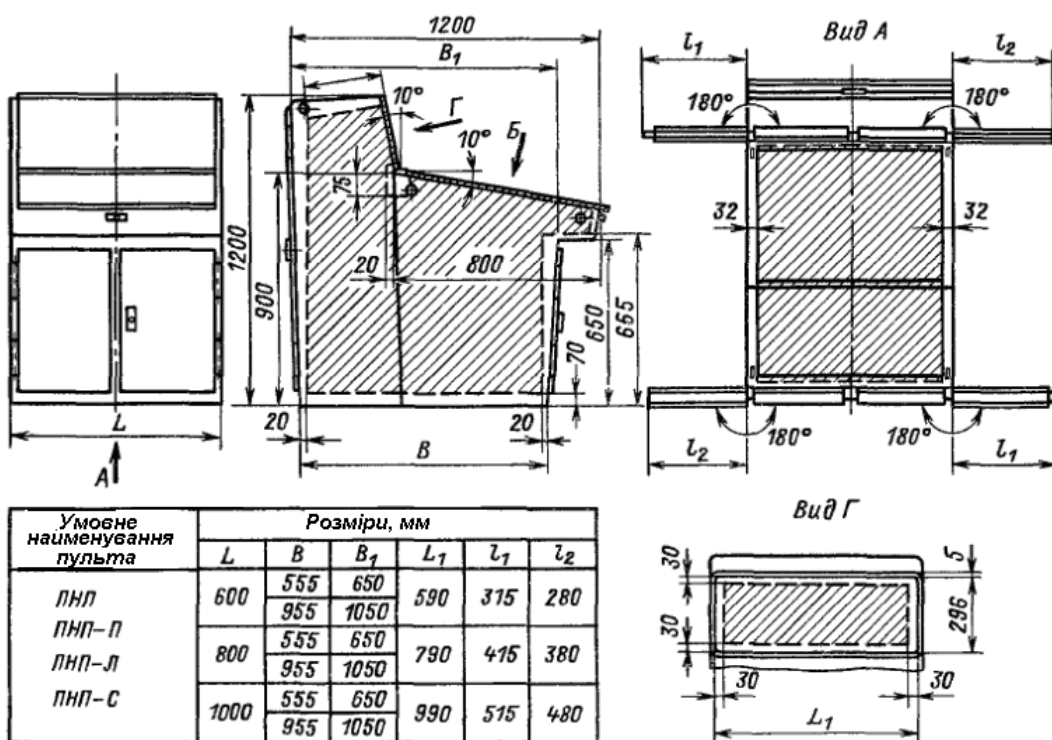


Рис. 3.11 - Монтажні зони пульта ПНП

3.1.4 Розташування приладів та апаратури на фасадних панелях щитів і пультів

Для щитів шафових і панельних з каркасом фасадна панель складається з двох – виконання I (рис. 3.12, а) або трьох – виконання II (рис. 3.12, б) функціональних полів.

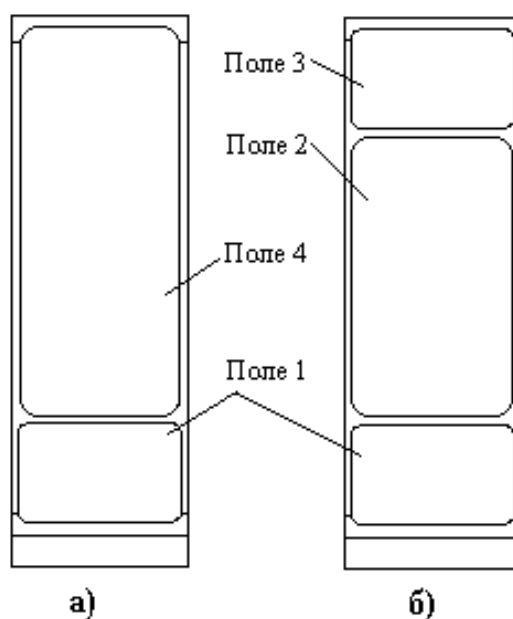


Рис. 3.12 – Функціональні поля щитів шафових і панельних з каркасом

При проектуванні щитів систем автоматизації технологічних процесів рекомендується в першу чергу застосовувати щити виконання I, які мають меншу в зрівнянні з щитами виконання II трудомісткість у виготовленні.

Щити виконання II використовують при необхідності чіткого функціонального розділення приборів і апаратури і полегшення тим самим праці оператора.

На полі 3 рекомендується розміщати сигнальну апаратуру, малогабаритні показувальні прибори, компактні мнемосхеми. На полі 2

рекомендується розміщувати самописні та габаритні показувальні прилади, а також органи керування. Поле 1 залишається декоративним, воно не призначено для встановлення приладів і апаратури.

При необхідності використання розгорнутих мнемосхем їх рекомендується розташовувати на декоративних панелях. Декоративні панелі із мнемосхемами встановлюють над щитами.

Розміри приладів та апаратури, що встановлюється на фасадних панелях, а також відстані між ними слід обирати за РТМ25-91-72 «Рекомендуемые расстояния между приборами на фасадах щитов и пультов».

В пультах стільниці призначена для розміщення електричної апаратури керування та сигналізації (кнопок і ключів керування, сигнальної арматури і т. ін.). Панель похилої приладної приставки призначена для розміщення приладів, сигнальної арматури та мнемосхем.

В малогабаритних щитах встановлюють прилади, органи керування, сигнальну арматуру, що необхідні для місцевого керування локальними установками та агрегатами. Прилади та апаратура, що розраховані на під'єднання трубних проводок, встановлювати на двері щита заборонено. Загальна маса апаратури, що встановлена на дверях, не повинна перевищувати 10 кг.

Вузли кріплення стандартних приборів і деталей для їх установки на щитах і пультах в проектах автоматизації не розробляються, так як заводо-виробники щитової продукції мають типові монтажні креслення та деталі для встановлення приборів і апаратури.

3.1.5 Розміщення апаратури, арматури і проводок в щитах, пультах і стативах

Відповідно до ВСН 205-83/ММСС ССРСР для забезпечення необхідних комфортних умов експлуатації і безпечного обслуговування прибори СА в щитах і стативах рекомендується розташовувати на наступних відстанях від нижньої кромки опорної рами:

- а) 1700 – 1975 мм – трансформатори, стабілізатори, випрямовувачі, сирени сигнальні (вагою до 10кг), пускачі, ревуни, дзвінки гучного бою, джерела живлення малої потужності, патрони для освітлення щита. Трансформатори, стабілізатори, випрямовувачі (вагою більше 10 кг) встановлюють в нижній частині;
- б) 700 – 1700 мм – вимикачі, запобіжники, автоматичні вимикачі, розетки;
- в) 600 – 1900 мм – реле, регулятори, функціональні блоки, елементи аналогової і дискретної техніки, перетворювачі;
- г) 800 – 700 мм - апаратура пневматичного живлення;
- д) 350 – 600 мм - збірки контактних затискачів горизонтальні; 350 – 1975 – вертикальні;
- е) 1700 – 1975 мм - перебіркові з'єднувачі.

Апаратуру всередині малогабаритних щитів слід розташовувати із врахуванням висоти встановлення щитів над рівнем підлоги.

Положення апаратів повинно відповідати вимогам інструкцій з експлуатації або технічним умовам на даний апарат. Апаратуру слід встановлювати на деталях за типовими кресленнями збірника 40 «Установка аппаратуры внутри щитов по ОСТ 36.13 и ОСТ 36.ЭД113».

3.1.6 Розміщення і установка щитів і пультів в щитових приміщеннях

Для розміщення щитів, статурів і пультів із встановленими на них приладами і засобами автоматизації в проектно-кошторисній документації передбачають спеціальні приміщення систем автоматизації. В залежності від призначення приміщення розрізняють: пункти оперативного контролю і керування (операторські), апаратні зали, допоміжні приміщення і т. ін.

В операторських приміщеннях, як правило, сконцентрована вся апаратура, необхідна для оперативного контролю і керування, мнемосхема технологічного процесу. У відповідності до прийнятої структури керування на крупних об'єктах передбачаються центральні пункти керування заводом і пункти контролю і керування окремими виробництвами. Кожний пункт обслуговується одним чи декількома операторами.

Апаратний зал призначено для розміщення неоперативних технічних засобів автоматизації, таких як регулятори не приладового виконання, функціональні блоки, релейна та інша допоміжна електро- і пневмоапаратура, що встановлюється на об'ємних і плоских статурах, релейних щитах і щитах затискачів.

3.2.Креслення загальних видів щитів і пультів

Склад, зміст і порядок оформлення документації, що розробляється в проекті, визначають за РМ 4-107-82 «Системы автоматизации технологических процессов. Требования к выполнению проектной документации на щиты и пультов».

Креслення загальних видів щитів, штативів, пультів, розробляють на одиничні та складені щити.

Креслення загального виду одиничного щита повинно містити:

- а) перелік складових частин щита;
- б) вид спереду (фронтальна площина), фрагменти виду (при необхідності);
- в) вид на внутрішні площини, фрагменти виду (при необхідності);
- г) технічні вимоги;
- д) таблицю надписів на табло і в рамках;
- е) таблиці умовних позначень, таблиці умовних позначень символів мнемосхеми (при необхідності).

Креслення загального виду складеного щита містить перелік складових частин та вид спереду.

Креслення загального виду виконують в таких масштабах:

1:10 – для одиничного щита;

1:25 – для складеного щита;

1:2 – для мнемосхеми, що виконується окремим кресленням.

При цьому масштаб не кресленні не вказують. При необхідності можна застосовувати інші масштаби за ГОСТ 2.302, вказуючи його над зображенням згідно ГОСТ 2.316.

На кресленнях загальних видів прилади, засоби автоматизації, апарати і елементи кріплення апаратури зображують спрощено у виді зовнішніх обрисів, нерозривними основними лініями.

Шафам, панелям, корпусам пультів, приладам і апаратурі, що встановлена на фасадах та всередині щита, присвоюють позиції в порядку запису в переліку складових частин. Номери позицій наносять на полицях ліній-виносок. При наявності великої кількості однотипних елементів

дозволяється проставляти їх позиції за правило позначень однакових отворів за ГОСТ 2.307.

3.2.1 Вид спереду

Зображення виду спереду виконують на аркуші формату А3.

На виді спереду показують прилади, засоби автоматизації, елементи мнемосхем, вироби для нанесення написів про призначення того або іншого приладу. Мнемосхеми виконують або на кресленні виду спереду в вигляді фрагменту, якщо мнемосхема розташована разом із приладами; або окремим документом – якщо мнемосхема розташована на декоративній панелі.

На виді спереду одиничного щита проставляють габаритні розміри щита, розміри символів мнемосхем і розміри, що координують установку всіх приладів і засобів автоматизації на щиті. Розміри по вертикалі проставляються від нижнього краю фасадної панелі, стільниці пульта або дверей малогабаритного щита, прийнятих за базу. Розміри по горизонталі - від вертикальної осі симетрії фасадної панелі, стільниці пульта або дверей малогабаритного щита.

На виді спереду одиничного щита для приладів і апаратури під полицею лінії-винесення, на якій проставлений номер позиції, вказують позначення встановлювального креслення (типового або розробленого в проекті).

При введенні проводок в щити шафові та шафові малогабаритні зверху на полі креслення розміщують вид на кришку щита, на якому координують та вказують вводи для електричних та трубних проводок.

На виді спереду складеного щита прилади та засоби автоматизації не показують. Вид спереду на складений щит, який має в плані складну конфігурацію, зображують умовно розгорнутим до суміщення в одну площину, а над зображенням виконують напис «Розгорнуто». На виді спереду складеного щита проставляють загальні габаритні розміри цього щита.

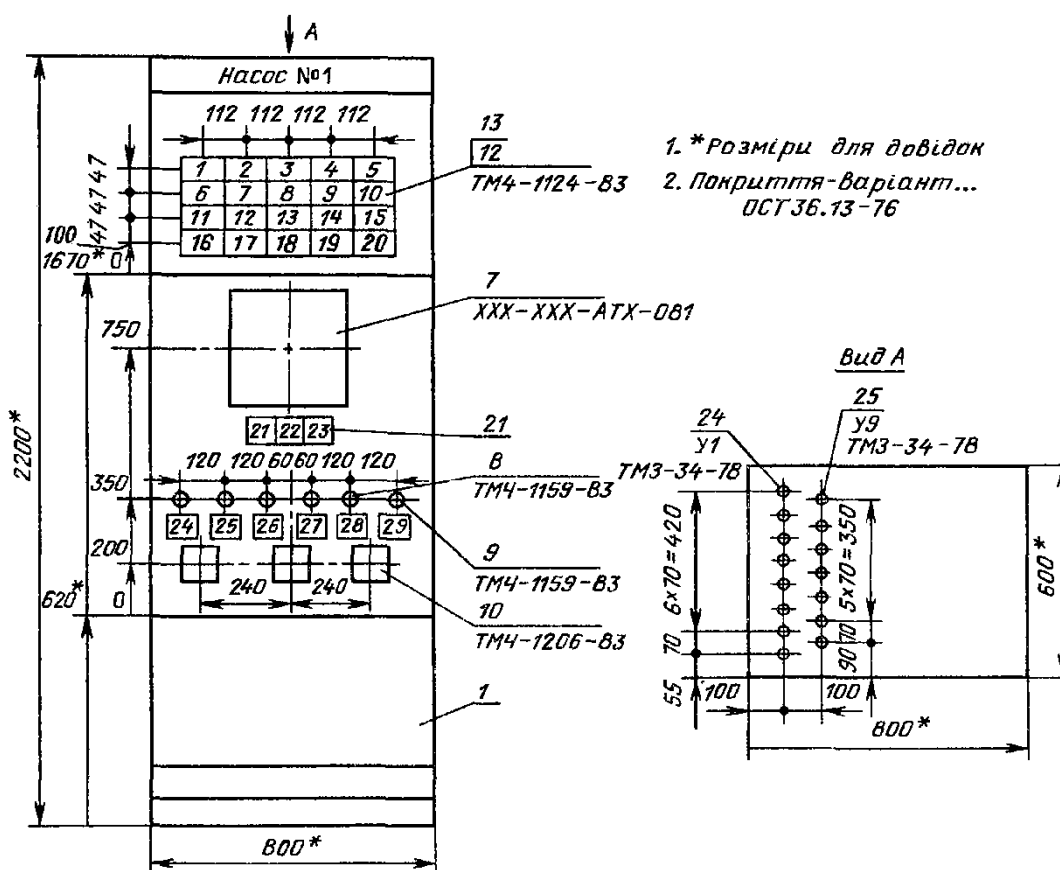


Рис. 3.13 - Вид спереду одного щита

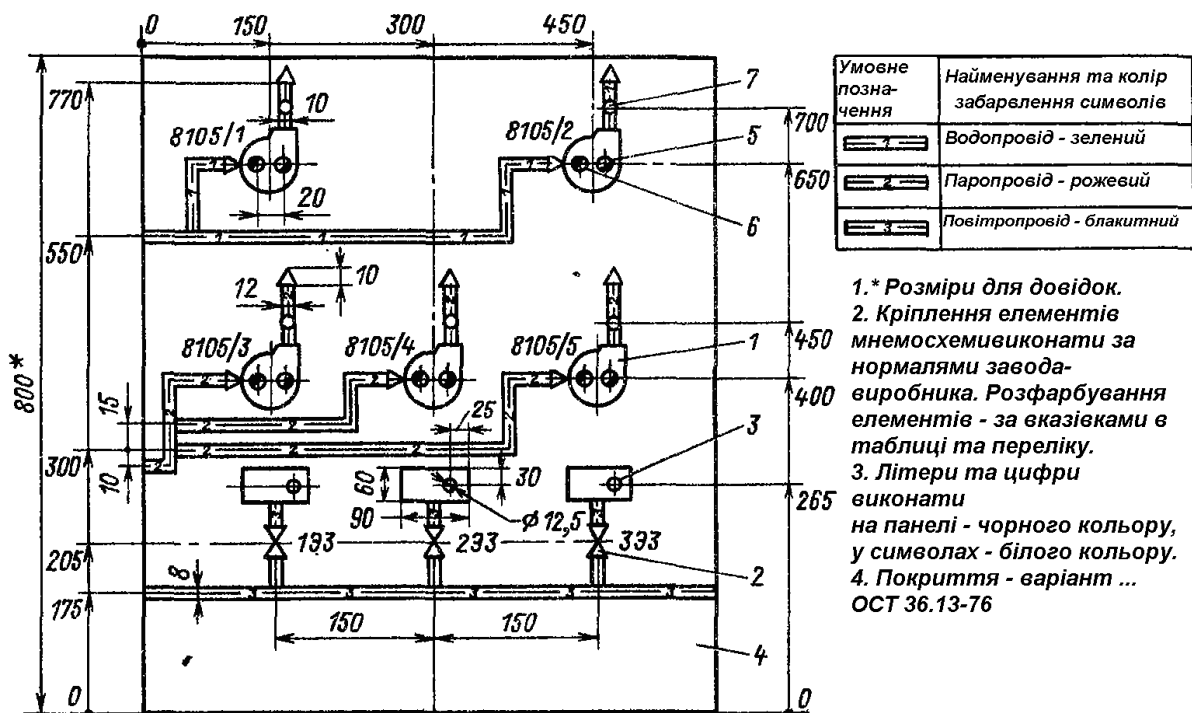


Рис. 3.14 – Мнемосхема (вид спереду)

- 1 – символ насосу відцентрового; 2 – символ засувки; 3 – символ прямки; 4 – панель;
 5 – арматура сигнальна АСКМ, лінза червона; 6 – те саме, лінза зелена; 7 – те саме, лінза жовта

3.2.2 Вид на внутрішні площини щита

Вид на внутрішні площини щита зображують на форматі не більше А4х4.

На кресленні виду на внутрішні площини щита бокові стінки, поворотні конструкції та кришки зображують умовно розгорнутими в площині креслення. Над зображенням розміщують заголовок «Вид на внутрішні площини (розгорнуто)».

Для пультів вид на внутрішні площини дається за стрілками.

На внутрішніх площинах щитів (передніх і бічних стінках) та поворотних рамах показують:

- а) встановлені на них прилади та апарати;
- б) вироби для монтажу електричних та трубних провідок (блоки затискачів, рейки із затискачами, трубопровідна арматура);
- в) елементи кріплення внутрішньощитової апаратури (рейки, кутики);
- г) дециметрові шкали стоек щитів (наносять на стійки умовно для координації встановленої всередині щитів апаратури);
- д) джгути електричних та трубних провідок.

Джгути електропроводок зображують суцільною основною лінією; джгути вимірювальних ланцюгів, які необхідно прокласти окремо – штрих-пунктирною лінією; джгути екранованих кабелів – суцільною з екраном, що позначений штриховою лінією; потоки трубних провідок – штриховою лінією.

Лінії, що позначають електричні та трубні провідки, виконують товщиною не менше $1,5 S$, де S – товщина лінії, прийнята на даному кресленні.

Для приладів, апаратури та виробів, труб проставляють позиції за переліком складових частин. Допускається не зображувати з'єднувачі для підключення трубних провідок до приладів та запірної арматури, при цьому позиції для них проставляють під позиціями арматури (рис. 3.15).

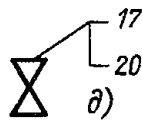


Рис. 3.15

Для всіх приладів, електроапаратури, пневмоапаратури, блоків затискачів, з'єднувачів і т. п. на зображеннях, над ними або з права від них вказують:

- а) для приладів – позиції за специфікацією;
- б) для електроапаратури та пневмоапаратури – позиційні позначення за принциповими електричними та пневматичними схемами;

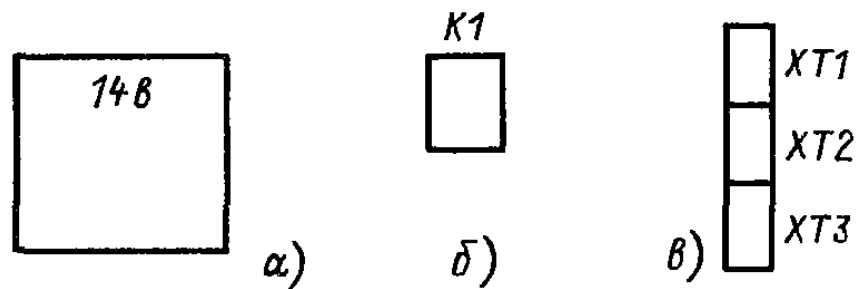


Рис. 3.16 – Розміщення позицій на кресленнях загальних видів щитів:
а) всередині зображення; б) над зображенням; в) з права від зображення

в) для виробів, що не вказані на схемах, використовують такі літерно-цифрові позначення:

- 1) рейки із набірними затискачами – ХТ;
- 2) збірки перебіркових з'єднувачів для командних трубних проводок – П;
- 3) штепсельні рознімачі – Х;
- 4) крани – КП;
- 5) вентилі запірні – В;
- 6) стабілізатори тиску повітря – Р;
- 7) фільтри повітря – Ф;
- 8) манометри – М.

До літерних позначень додають порядкові номери, починаючи з одиниці в межах кожної групи виробів.

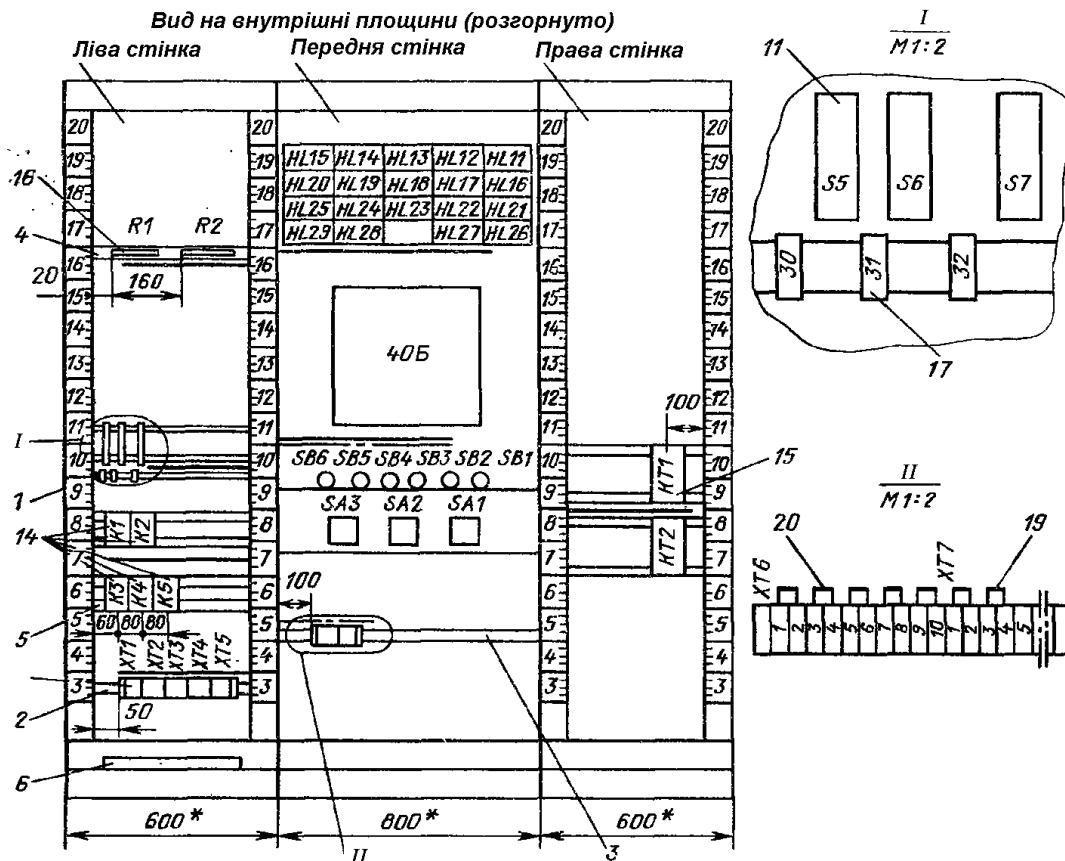


Рис. 3.17 – Вид на внутрішні площини щита

3.2.3 Таблиця написів на табло і в рамках

Таблицю написів, що наносять на вироби для написів (табло, рамки, упори), виконують на окремих аркушах формату А4 за ГОСТ 2.301, за формою 6 ДСТУ Б А.2.4-3:2009.

Таблиця повинна мати тематичний заголовок по типу «Написи на табло і в рамках».

Кожному напису на кресленні присвоюють номер, починаючи з одиниці, вказуючи його всередині контуру виробу для написів. Написам присвоюють номери зліва направо, зверху вниз (спочатку написам на табло, а потім — в рамках).

В таблицю спочатку включають написи на табло в порядку зростання номерів, а потім написи в рамках, упорах і т. п.

При заповненні таблиці написів в графі «Текст напису» в вигляді заголовку вказують найменування і тип виробу для нанесення написів. Напис підкреслюють. Наприклад: «Табло ТСМ»; «Рамка 66x26». Потім в тій самій графі проти відповідних номерів написів записують текст, що має до неї відношення.

Написам, що мають однаковий текст, присвоюють однакові номери. При цьому в графі «Кіл.» вказують загальну кількість однакових написів.

Текст написів повинен бути коротким. При його складанні слід враховувати розміри вільних полів табло і рамок та розміри шрифтів (см. РМЗ-82-83).

Форма 6 таблиці та приклад її заповнення для щита, що зображений на рис. 3.13, наведено на рис. 3.18.

3.2.4 Специфікація щита

Перелік складових частин щита виконують на окремих аркушах формату А4 за ГОСТ 2.301. Специфікацію щита виконують за формою 7 ДСТУ Б А.2.4-4. При цьому графу "Маса" допускається не заповнювати.

До переліку складеного щита включають одиничні щити, що входять до нього, та допоміжні елементи (допоміжні панелі, кутові вставки). Перелік містить два розділи: складальні одиниці, стандартні вироби.

Одиничні щити, що мають креслення загальних видів, включають до розділу «Складальні одиниці».

The drawing shows a rectangular sign table with a total width of 185 and a height of 15. The width is divided into sections of 15, 20, 110, and 10. The height is 15, with a minimum clearance of 8 mm at the bottom. The table contains the following inscriptions:

Номер	Місце напису	Текст напису	Кількість	Примітка
		<i>Табло ТСБ / 2</i>		
1		<i>Рівень води</i>	1	
2		<i>Рівень мастила</i>	1	
		<i>Рамка 66x26</i>		
21		<i>Температура у збірнику №1</i>	1	
22		<i>Перевірка сигналізації</i>	1	

Рис. 3.18 – Таблиця написів на табло і в рамках

Допоміжні елементи, що не мають креслення загального виду, включають до розділу «Стандартні вироби».

Перелік одиничного щита, як правило, містить розділи: «Документація», «Деталі», «Стандартні вироби», «Інші вироби», «Матеріали».

До розділу «Документація» включають таблиці з'єднань та підключення.

До розділу «Деталі» включають нетипові деталі для установки приладів і апаратури всередині щитів (кутники, скоби, рейки), символи мнемосхем.

До розділу «Стандартні вироби» вносять: щитові конструкції; інші стандартні вироби (кутники, скоби, рейки). До розділу не включають стандартні прилади та апарати.

Найменування щитових конструкцій приймається за РМ 3-82-83, а для інших стандартних виробів – за збіркою 44 типових конструкцій.

До розділу «Інші вироби» включають всі прилади, апарати (в тому числі стандартні) та монтажні вироби групами та в послідовності:

а) прилади та засоби автоматизації в порядку їх розташування на кресленні зліва направо, зверху вниз: спочатку - за видом спереду, потім - за видом з внутрішньої сторони;

б) електроапаратура за функціональними ознаками:

1) пускова та захисна апаратура (кнопки, перемикачі, вимикачі, пускачі, рубильники, запобіжники, щитки електроживлення);

2) сигнальна апаратура (арматура сигнальних ламп, табло, дзвінки, сирени);

3) перетворювачі та джерела електроживлення (трансформатори, стабілізатори, випрямлячі, переривачі);

4) реле;

5) резистори, конденсатори, діоди;

в) трубопровідна арматура (вентилі, крани, блоки вентилів запірних);

г) монтажні вироби:

1) для електромонтажу (блоки затискачів, затискачі набірні, колодки маркувальні, упори, перемички);

2) для монтажу трубних проводок (з'єднувачі перехідні, перебіркові, трійникові, для підключення до приладів і т. п.);

3) для нанесення написів.

До розділу «Матеріали» включають електричні проводи, що вказані в таблиці з'єднань, та труби.

До переліку складових частин не вносять елементи для обробки кінців та маркування проводок (манжетки, бирки маркувальні, наконечники і т. п.) та допоміжні матеріали (смужки, пряжки, припій, клей

та т. і.). Вони обираються заводом-виробником при виконанні монтажу проводок згідно інструкцій на монтаж електричних і трубних проводок (РМЗ-54-85, РМЗ-53-85).

При заповненні графи «Найменування» виконують наступні правила:

1) для виробів технічні умови не вказують;

2) для приладів і засобів автоматизації, крім тих, які поставляє завод-виробник комплектно зі щитами, найменування записують спрощено, без вказівки технічної характеристики (градуювань, меж вимірювання і т. п.). Обов'язково вказують тип і модифікацію приладу, наприклад: «Міст самописний КСМ4, модифікація 42.140.80.205»;

3) для приладів і апаратури, які поставляє завод-виробник комплектно зі щитами, в графі приводять всі вичерпні характеристики, необхідні заводу для їх вибору. Наприклад, для манометрів типу МТ вказують межі показань, для реле проміжних – номери за каталогом або номери паспортів, напругу; для кнопок - колір надпису на штовхачах і т. д.

В графі «Позначення» для приладів, електроапаратів та трубопровідної арматури проставляють присвоєні позиційні позначення.

В графі «Примітка» вказують:

1) позначення установочного креслення для всіх приладів, електроапаратури і трубопровідної арматури, що встановлена всередині щитів;

2) колір розфарбування символів технологічного обладнання мнемосхем.

Нумерація позицій складових частин повинна бути наскрізною в межах усього переліку.

На першому аркуші переліку складових частин щита (перший аркуш креслення загального виду) в графі 4 основного напису записують найменування креслення, яке виконують за наступними правилами:

1) для складених та одиничних щитів, що стоять окремо, найменування починається зі слова «Щит». Далі вказують або функціональне призначення щита (диспетчера, оператора і найменування технологічної установки), або тільки найменування технологічної установки, що обслуговується щитом. Потім вказують найменування документу «Загальний вид». Наприклад для креслення загального виду складеного щита вказують: «Щит диспетчера водопостачання. Загальний вид»; для креслення загального виду одиничного щита, що не входить до складеного: «Щит насосної установки. Загальний вид»;

2) для одиничних щитів, що входять до складеного щита, в найменування креслення включають умовний номер одиничного щита, який присвоєно за кресленням загального виду складеного щита («Щит 1», «Щит 2» і т. д.) та найменування документу «Загальний вид». Наприклад: «Щит 1. Загальний вид». Панелі з мнемосхемами рекомендується називати так: «Мнемосхема 1. Загальний вид».

На рис. 3.19 та 3.20 наведені таблиці переліку складових частин і поданий приклад їх заповнення для щита на рис. 3.13, 3.17.

3.3. Таблиці з'єднань і підключення

Таблиці виконують тільки для одиничних щитів на аркушах формату А4.

Таблиці з'єднань розробляють за формами З и За РМ4-107-82. Форма З використовується для першого аркушу таблиці, форма За - для наступних листів.

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од. кг	Примітка
		Пости кнопкові ПKE-112-1			
8	SB1, SB3, SB5	Чорний „Пуск”	3		
9	SB2, SB4, SB6	Червоний „Стоп”	3		
10	SA1, SA2, SA3	Перемикач малогабаритний	3		
		ПМОФ45-112222/1Д 1УЗ			
11	S5 – S7	Автоматичний вимикач, 220В,	3		У423,
		Іном 1А, відсікання 1,3 Іном,			ТМЗ-13-81
		кріплення на панелі, А63-М			
12	HL11-HL29	Табло ТСБ	20		
13		Лампа Ц220-10	40		
14	K1-K5	Реле РПУ-2-512203, 220В	5		У214,
					ТМЗ-13-81
15	КТ1, КТ2	Реле часу РВ218-У4, 220В,	2		У25,
		приєднання переднє			ТМЗ-13-81
16	R1-R4	Резистор ПЭВР-50, 360 Ом±1%	4		У17,
					ТМЗ-13-81
17		Блок Б310	7		
18		Упор	4		
19		Перемичка П	1		
20		Котушка підганяльна КП1-2,5	6		
21		Рамка РПМ66х26	9		
		<u>Матеріали</u>			
22		Провід ПВ1х1-380 ГОСТ 6323-79	100м		
23		Провід НВМ-0,5-IV-500	50м		
		ГОСТ 17515-72			
XXX-XXX-АТХ-025					Аркуш
					2

Рис. 3.20 - Перелік складових частин щита (другий аркуш за формою 2а)

Таблиці підключення розробляються відповідно за формами 4 і 4а.

Форми 3 і 4 відрізняються від форм 3а і 4а аналогічно формам 2 і 2а переліку складових частин на рис. 3.18 і 3.20.

Розміри та приклад заповнення таблиці з'єднань для щита на рис. 3.17 наведено на рис. 3.21, а таблиці підключення - на рис. 3.23.

Для щитів затискачів при наявності у них перемичок виконується тільки таблиця з'єднань.

На першому аркуші таблиці з'єднань (підключення) зверху під заголовком «Технічні вимоги» наводять:

- а) посилання на електричні принципи схеми, схеми зовнішніх проводок (з'єднань, підключення), на підставі яких виконана таблиця;
- б) при необхідності вимоги до виконання електричних проводок.

Далі починають запис проводок.

Найменування документу, яке вказують в графі 4 основного напису, виконують аналогічно складанню найменування загального виду щита; найменування документу «Загальний вид» замінюють відповідно на: «Таблиця з'єднань» або «Таблиця підключення».

3.3.1 Таблиця з'єднань

Запис проводок в таблицю проводять на підставі принципів електричних схем і схем зовнішніх проводок (з'єднань і підключення).

При заповненні таблиць з'єднань проводки записують в межах усього щита, із урахуванням розміщення приладів, апаратури, затискачів в щиті на виді з внутрішньої сторони за одним з наступних правил:

а) за зростанням номерів маркування ланцюгів в принциповій електричній схемі;

б) за методом неперервності ланцюга, коли, як правило, початок кожного провідника повинен бути на тому апараті, де закінчився попередній провідник, або на апараті, який розташований поряд.

Наприклад, якщо згідно принципової електричної схеми на рис. 3.22 провідник 8 закінчився на реле КТ1, то в таблицю з'єднань (рис. 3.21) наступним має бути записаний провідник 12, оскільки він починається з того самого реле, де закінчився провідник 8.

Провідник	Звідки йде	Куди поступає	Дані провода	Прим.
Технічні вимоги				
Таблиця з'єднань виконана на основі схем XXX-XXX-АТХ-..., XXX-XXX-АТХ-...,				
1	ХТ1:1	СА1:1	} ПВ1-1	
1	СА1:1	СА1:3		П
2	СА1:2	СВ1:21	} ПВ1-1	
3	СВ1:22	СВ1:13		П
3	СВ1:13	ХТ2:1	} ПВ1-1	
4	ХТ2:2	КЗ:10А		
4	КЗ:10А	СВ1:14	} НВМ-0,5-IV	
5	КТ2:12	СА1:4		
5	СА1:4	К1:5	} НВМ-0,5-IV	
5	К1:5	КЗ:5		
5	КЗ:5	К4:5	} НВМ-0,5-IV	
5	К4:5	К4:5А		П
5	К4:5А	ХТ2:3	} НВМ-0,5-IV	
8	ХТ2:4	К1:12		
8	К1:12	КТ1:12	} НВМ-0,5-IV	
12	КТ1:13	КТ2:А		

Рис. 3.21 – Приклад оформлення таблиці з'єднання для щита на рис. 3.17

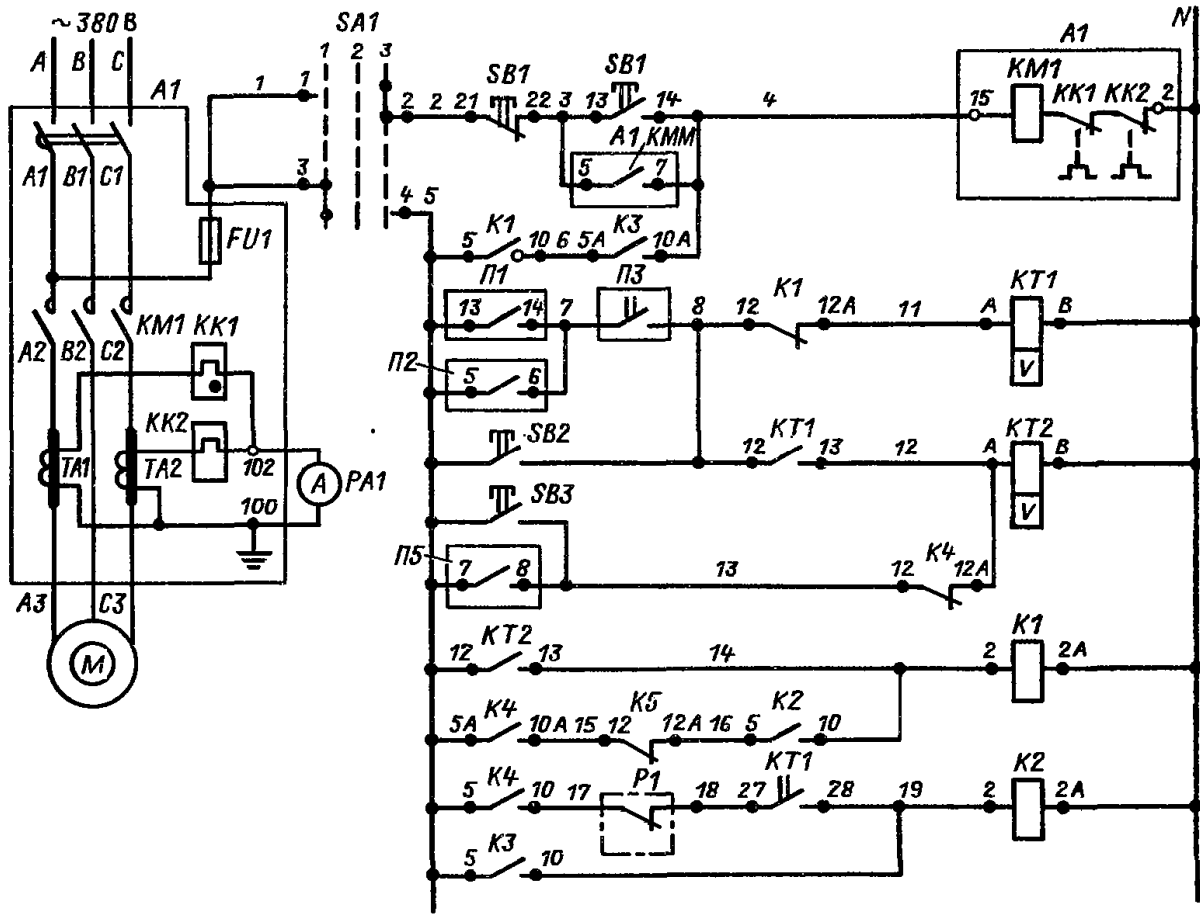


Рис. 3.22 – Фрагмент принципової електричної схеми для пояснення принципу запису проводок до таблиці з'єднань

Порядок заповнення граф «Таблиця з'єднань» наступний:

- а) в графі «Провідник» вказують марку проводки (проводу) за електричною принциповою схемою або за схемою з'єднань зовнішніх проводок;
- б) в графах «Звідки йде» і «Куди поступає» приводять адреси приєднання провідників, наприклад: K1 : 4, 18В – K2 : 5, де K1 — позиційне позначення апаратів; 18В — позиція приладу за замовленою специфікацією; K2 – колодка приладу; 4, 5 — номер виводу.
- в) в графі «Дані провідника» для проводів вказують їх марку, перетин і, при необхідності, колір;

г) в графі «Примітки» приводять: для проводок, які вимагають окремої прокладки – напис типу «Вимірювальні ланцюги»; для перемичок (крім перемичок ЗГ-П, П) – скорочене позначення «П».

Номери виводів приладів та апаратів проставляють відповідно до технічної документації (ТУ, інструкція з монтажу та експлуатації). За відсутності в апараті заводської нумерації виводів їм присвоюють умовні номери, які наносять на монтажному символі.

Методика присвоєння умовного маркування вихідним затискачам апаратів, які не мають заводської нумерації, прийнята у відповідності із керівними матеріалами РМ4–184–80 «Системы автоматизации технологических процессов. Электроаппаратура, поставляемая совместно со щитами и пультами по ОСТ 36.13. Монтажные символы».

Затискачі апаратів маркуються двозначними числами, в яких перша цифра означає порядковий номер контакту в межах апарату (підряд незалежно від виду контакту). Для позначення виду контакту прийнята наступна нумерація: 1–2 – розмикаючий контакт; 3–4 – замикаючий контакт; 1–2–3 – перемикаючий контакт; 5–6 – розмикаючий контакт особливий; 7–8 – замикаючий контакт особливий; 5–6–7 – перемикаючий контакт особливий.

Виводи затискачів котушок маркують приписними літерами латинського алфавіту: А–В – що вмикає; С–D – що вимикає; О–Н – заскочка.

Для апаратів, що мають не більше двох затискачів (лампи, діоди, запобіжники), затискачі нумерують однознаковими числами 1, 2 зверху вниз, зліва на право.

3.3.2 Таблиця підключення проводок

Порядок заповнення таблиць:

В графі «Вид контакту» для кожного приладу або апарату проставляють його позиційне позначення та підкреслюють. Для приладів при необхідності крім позиційного позначення вказують номер колодки або номер рознімача. Далі для реле показують умовні позначення видів контактів та умовне позначення котушки.

Приймають такі умовні позначення видів контактів та котушки: з – замикаючий контакт; р – розмикаючий контакт; л – котушка реле. Перемикаючий контакт записують в двох різних рядках – як контакт замикаючий та розмикаючий. При цьому спільний вивід записують один раз в тому рядку, що й розмикаючий контакт.

В графах «Вивід» для кожного приладу або апарату перелічують номери його виводів (штуцерів), для перемичок, що виконуються на апараті, наводять позначення «п». В графах «Провідник» напроти відповідних номерів виводів (штуцерів) приладу або апарату вказують номери проводок, які підключають до даного виводу. Якщо два провідника підключають до одного виводу то коло позначення провідника ставлять знак «*».

В графах «Вивід» проставляють номери виводів:

- а) для приладів, апаратів, блоків затискачів – за рис. 3.24;
- б) для електроапаратури – за рис. 3.25.

При виконанні креслення двох і трисекційного щита таблиці для кожної секції виконують з нового аркуша, починаючи з секції № 3 (№ 2). При цьому запис у таблицях починається з заголовка "Секція №...".

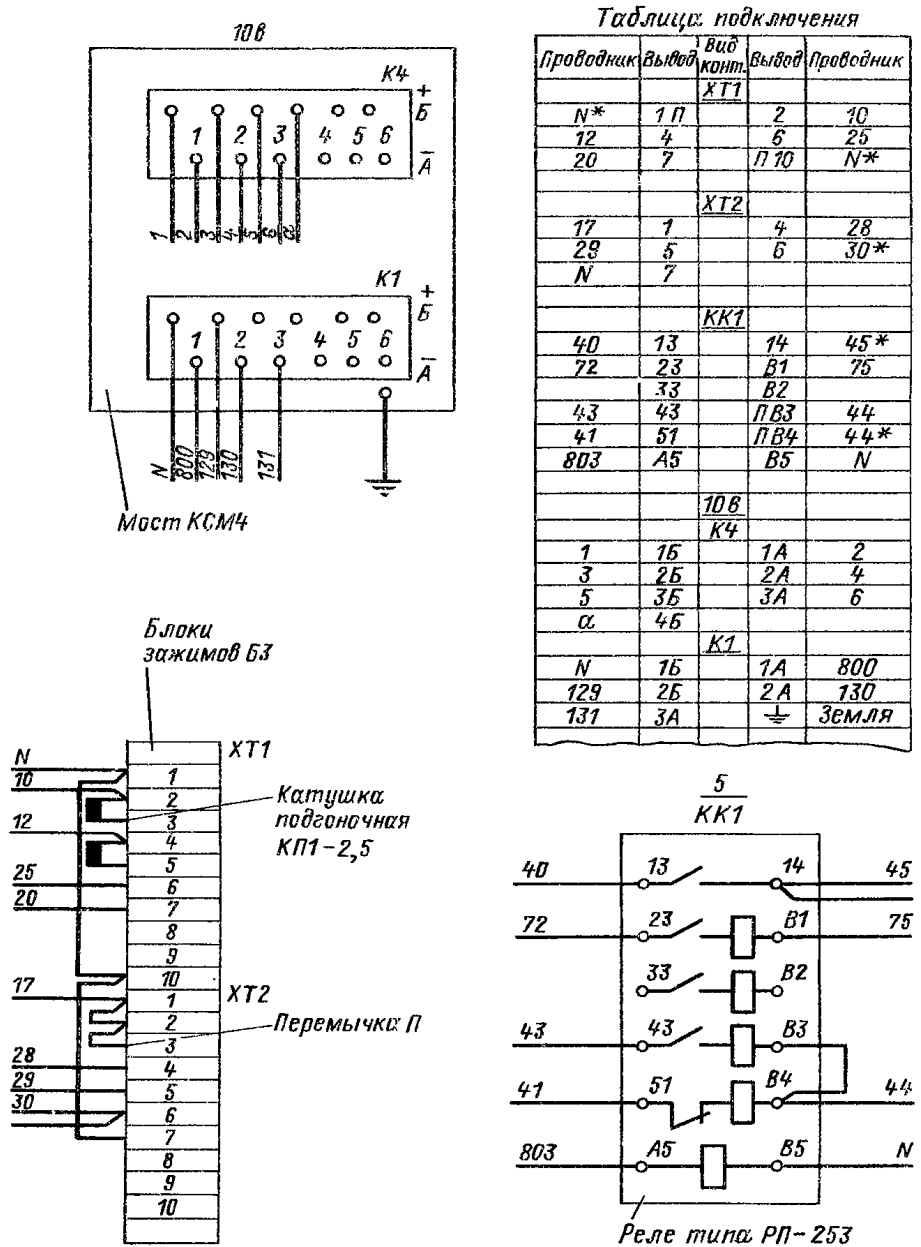
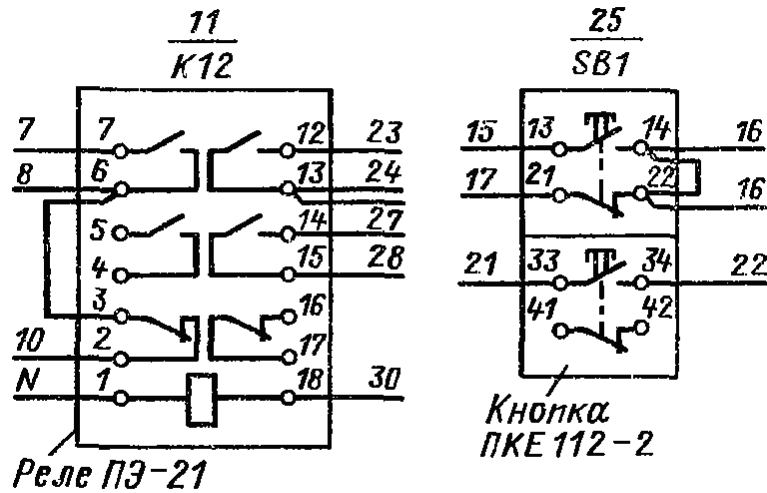


Рис. 3.24 – Приклад заповнення таблиці підключень для мосту КСМ, блоків затискачів БЗ та реле РП – 253

Для кожної площини проводки записують у порядку, що відповідає розташуванню приладів і апаратури на площині, на виді з внутрішньої сторони, зліва направо, зверху вниз; при цьому: першими записують проводки загальних ланцюгів, потім інші проводки, крім перемичок на

апаратах; далі - провідники для заземлення приладів і т.д.; останніми записують перемички на апаратах.



Таблиця підключення

Провідник	Вивід	Вид конт.	Вивід	Провідник
K12				
10	2	Р	П 3	8
	4	з	5	
8*	6 П	з	7	7
23	12	з	13	24*
27	14	з	15	28
	16	Р	17	
N	1	К	18	18
SB1				
15	13	з	П 14	16*
	21	Р	П 22	16*
21	33	з	34	22
	41	Р	42	

Рис. 3.25 – Приклад заповнення таблиці підключень для реле типів МКУ-48С, РПУ-0, РПУ-2, РП8, РП9, РП11, РП12, РП23, РП25, кнопок КЕ-011, КЕ-012, ПКЕ-012, перемикачів типу ТВ, ТП

Далі приводиться приклад заповнення таблиці підключення проводок щита з загальними видами.

3.4. Специфікація щитів та пультів (СО2)

Специфікація щитів та пультів (СО2) виконується відповідно до «Порядку складання специфікації обладнання за ГОСТ 21.110 у проектно-кошторисній документації систем автоматизації технологічних процесів» за формою 1.

Специфікація повинна складатися з двох розділів, що мають наступні номери та найменування:

- 1) щити (і пульти);
- 2) апаратура (і прилади), що поставляються комплектно із щитами (і пультами).

До розділу 1 включають щити, станиви, пульти та допоміжні елементи.

Порядок заповнення граfi 2 «Найменування та технічна характеристика обладнання...» наступний:

1) для складеного щита наводять його найменування з граfi 1 основного напису креслення загального виду та слова «що складається з щитів за ОСТ 36.13-90»; найменування одиничних щитів, що входять до даного складеного щита, в порядку їх запису в переліку складових частин даного щита та умовне найменування щита за ОСТ 36.13-90. Наприклад, «Щит диспетчеру, що складається з щитів за ОСТ 36.13 - 90: щита 1 ШПК-3-1-(600+800+600)-УХЛ4-ІР00; щита 2 ЩПК-2-1-(800+800)-УХЛ4-ІР00; вставки кутової ВУ-Д-ЩПК-У4».

2) для одиничних щитів, що використовують в якості самостійних оперативних та місцевих щитів контролю, регулювання і керування, запис виконується таким чином:

«Щит насосної, що складається з щита шафового трисекційного ЩШ-3-Н-(600+1000+800)-УХЛ4-ІР30 ОСТ 36.13-90».

В графі 3 «Тип ...» напроти найменувань усіх щитів (як складених, так і одиничних) проставляють позначення креслення загального виду щита.

В графе 9 «Кіл.» вказують кількість щитів у вигляді дробу, в чисельнику якої вказують фактичну кількість одиничних щитів, що визначається відповідно § 9.1.1, а в знаменнику - кількість, що обчислюється у фізичних одиницях. Поняття фізичної одиниці та порядок визначення кількості фізичних одиниць по відношенню до одиниць за номенклатурою щитів відповідно ОСТ 36.13-90 наведені в РМ4-183-81.

До розділу 2 включають прилади і апаратуру (електроапаратуру, трубопровідну арматуру), що поставляється заводом-виробником комплектно зі щитами і пультами. Номенклатура вказаних приладів і апаратів визначається за додатком 4 до РМ4-183-81. Розділ 2 необхідно починати з нового аркуша.

Прилади і апаратуру записують у розділ 2 групами в послідовності:

1) прилади (манометри МТ, балансні реле, перемикачі щіткові ПТИ-М, ПЩ, панелі дистанційного керування, фільтри, редуктори, клапани електропневматичні, крани-перемикачі);

2) електроапаратура;

3) трубопровідна арматура.

У графі 3 «Тип, марка ...» технічні умови не вказують.

Прокат чорних металів, необхідний для виготовлення шаф, панелей, стійок, корпусів пультів, а також матеріали та вироби для монтажу електричних і трубних провідок (електричні дроти, поліетиленові труби, блоки затискачів, затискачі набірні, з'єднувачі для трубних провідок, манжетки, бирки маркувальні, наконечники, струни, смужки, пряжки,

припій, клей, деталі кріплення внутрішньощитової апаратури, вироби для нанесення написів) в специфікації не включаються.

Графи 1, 6, 8, 10 не заповнюють.

У графі 2 перед найменуванням щитів, приладів, апаратів проставляють порядкові номери, починаючи з 1 для кожного розділу; завод-виробник не вказують.

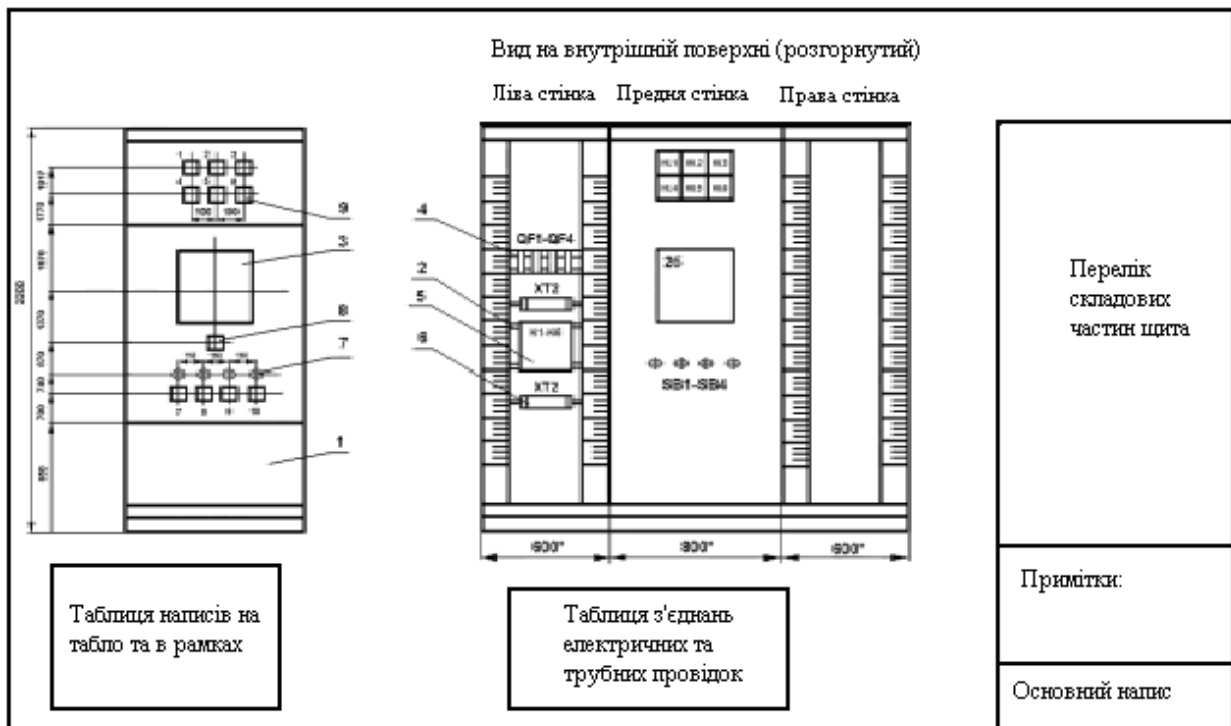


Рис. 3.26 – Приклад компоновки креслення щита

3.5.Рекомендації щодо проектування щитів

При проектуванні щитів за керівним матеріалом РМ4-107-82 рекомендується виконати ряд підготовчих заходів, які дозволяють раціональніше організувати технологічний процес проектування.

До числа цих заходів відноситься забезпечення виконавців готовими бланками форм (для ескізів і оригіналів) всіх таблиць, які виконуються на аркушах форматом А4, і бланками форматів-заготовок для виконання листів креслення загального вигляду одиничного щита з графічними зображеннями: видів спереду та видів на внутрішні площини.

З метою дотримання співвісності приладів та апаратури, яка встановлюється на фасадах одиничних щитів, що входять в складений щит, компонування апаратури на фасаді складеного щита рекомендується попередньо проводити на загальному ескізі.

При розміщенні всередині щитів апаратури з метою визначення її взаємного розташування на різних площинах і обліку розмірів виступаючої частини приладів, встановлених на фасаді щита, рекомендується:

- а) виконувати перетин щита в найбільш насичених приладами та апаратурою місцях:
- б) наносити штриховими лініями на зображення розгорнутих стінок щита розмір виступаючої частини глибоких приладів.

При виконанні креслень щитів і пультів пропонуються такі рекомендації.

1. Виходячи з конкретних вимог вибрати щити, пульти і їх типорозміри.

2. Необхідно знати максимальні габаритні розміри приладів, розташованих на передній панелі щита.

3. Перед оформленням креслення щита варто зробити ескіз передньої панелі щита з розташованими на ній приладами.

4. При розташуванні приладів на щиті потрібно керуватися наступним:

а) на верхній панелі щита розташовують арматуру сигналізації чи показують прилади. Нижче розташовують самописні, великогабаритні прилади. Під ними - апаратуру керування (ключі, перемикачі),

5. У тому випадку, якщо щит компонується разом з пультом, на останньому рекомендується розташовувати апаратуру керування і сигнальну арматуру.

6. Варто провести ряд підготовчих робіт, що включають:

а) готові форми таблиць, формати-заголовки виду на внутрішні площини щита;

б) монтажні інструкції на прилади, що серійно випускаються.

7. Креслення допускається оформлювати на міліметровці.

3.6. Питання для самостійної роботи

1. Як складається позначення щита панельного з каркасом?

2. У яких зонах розташовують показуючі прилади та органи керування?

3. Що має бути зображено на виду з переду щита?

4. Які складові частини щита записують у специфікацію щита?

5. Які типові розміри щитів?

6. Як складається креслення внутрішніх площин щита або пульта?

4. ПРОЕКТУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ПРОВОДОК

4.1. Класифікація зовнішніх проводок

Зовнішні проводки поділяються на:

а) пневматичні:

1) імпульсні – використовуються для передачі сигналів від приймальних (відбірних) пристроїв до приладів і засобів автоматизації;

2) командні – для передачі командних імпульсів між приладами і засобами автоматизації;

3) живильні – служать для підведення стисненого повітря, масла, води для живлення приладів і засобів автоматизації;

4) викидні – для відведення конденсату газів і т.п.

5) обігрівні (охолоджувальні) – для обігріву (охолодження) трубних проводок, відбірних пристроїв, приладів та засобів автоматизації;

6) допоміжні – для підведення інертних газів (рідин) до імпульсних проводок, щитів, пультів і т.п.

б) електричні проводки по своєму призначенню поділяються:

1) силові;

2) вимірювальні;

3) керування;

4) сигналізації;

5) живлення;

6) освітлення.

4.2. Вибір проводів і кабелів для системи автоматизації

Для електропроводок системи автоматизації застосовують ізольовані проводи і кабелі з алюмінієвими і мідними жилами. Кабель являє собою один або декілька паралельних дротів в загальній оболонці. Враховуючи те, що мідь є дорогим металом проводи і кабелі з мідними жилами застосовують лише в таких випадках:

- а) в мережах термоперетворювачів (термометри опору, термопари);
- б) в мережах вимірювання, керування, живлення, сигналізації (в тому числі в мережах телемеханічних пристроїв) напругою до 60 вольт при поперечному перетині жил до $0,75 \text{ мм}^2$;
- в) для електропроводок систем автоматизації технологічних процесів електростанцій генераторами потужністю від 100 МВт і більше;
- г) в вибухонебезпечних установках і установках яких є вібрація;
- д) для живлення переносного освітлення і електрифікованого інструменту;
- е) для електропроводок систем автоматизації видовищних закладів, які прокладають на сцені, арені, кінотеатрах;
- ж) для електропроводок зі спіральними вимогами.

Крім того, необхідно керуватись спеціальними вимогами щодо поперечного перетину і вибору захисної оболонки, які приведені в РМ 4-6-84 «Проектирование электрических и трубных проводок. Часть 1. Электрические проводки».

Проводи і кабелі з алюмінієвими жилами в своїй назві на першому місці мають літеру А, на другому П – провід (К – кабель). Наприклад: АПРТО – провід з алюмінієвими жилами, гумовою ізоляцією, в обплетенні

з бавовняно-паперової пряжі, просякнutoї протигнильною речовиною; АКРВГ – кабель з алюмінієвими жилами, ізоляція із гуми, оболонка з поліхлорвінілового пластикату.

В назві проводів і кабелів з мідними жилами буква А на першому місці відсутня. Наприклад: ПТВ – провід з електроізоляцією із полівінілхлориду; КРСГ – кабель з мідними жилами, ізоляція із гуми, оболонка із свинцю.

Вимоги, щодо застосування проводів і кабелів різної номенклатури приведені в довідних таблицях 4.1 – 4.7.

Проводи в багатьох випадках прокладають в захисних трубах. Кількість резервних проводів, які прокладають в трубах повинна бути приблизно 10% від кількості робочих проводів, але не менше одного.

Електропроводки в коробах і на лотках знаходять все більше застосування при монтажі систем автоматизації виробничих процесів, що зв'язано з економією труб і трудових затрат. Цей вид дозволяє вести монтаж індустріальним способом, виконуючи трасу із крупних блоків, зібраних із окремих елементів заводського виготовлення. Короба і лотки мають різну конфігурацію і розміри, які можуть бути пристосовані до конкретних випадків.

Вибір проводів і кабелів для електроустановок системи автоматизації як з технологічної так і з техніко-економічної точок зору має велике розмаїття, що повинно враховуватись при виконанні проекту.

4.3. Технічні дані та вказівки із використання найбільш поширених в електропроводках систем автоматизації проводів

Таблиця 4.1 – Проводи із полівінілхлоридною ізоляцією за ГОСТ 6323-79 для електропроводок систем автоматизації

№№ пп	Найменування	Марка	Кількість жил	Номинальний перетин, мм ²	Номинальна напруга; В
1	З алюмінієвою жилою із полівінілхлоридною ізоляцією	АПВ	1	2,5 - 16	380 та 660
2	З мідною жилою з полівінілхлоридною ізоляцією	ПВ1	1	0,5 - 16	"
3	З мідною жилою з полівінілхлоридною ізоляцією, гнучкий	ПВ2	1	2,5 - 16	"
4	З мідною жилою з полівінілхлоридною ізоляцією, підвищеної гнучкості	ПВ3	1	0,5 - 16	"
5	З мідною жилою з полівінілхлоридною ізоляцією, особливо гнучкий	ПВ4	1	0,5 - 6	"

Таблиця 4.2 – Проводи із резиновою ізоляцією за ГОСТ 20520-80 для електропроводок систем автоматизації

№№ пп	Найменування	Марка	Кількість жил	Номинальний перетин, мм ²	Номинальна напруга; В
1	З алюмінієвою жилою, з гумовою ізоляцією, в обплетенні з бавовняної пряжи, просякнутої протигнільним составом	АПРТО	1, 2, 3 7 10, 14	2,5-16 2,5-10 2,5	660
2	Те ж, з мідною жилою	ПРТО	1 2, 3 7 10, 14	0,75-16 1-16 1,5-10 1,5-2,5	"
3	З алюмінієвою жилою, з резиновою ізоляцією, у негорючій гумовій оболонці	АПРН	1	2,5-16	"
4	Те ж, з мідною жилою	ПРН	1	1,5-16	"
5	З гнучкою мідною жилою, з гумовою ізоляцією, у негорючій гумовій оболонці	ПРГН	1	1,5-16	"

Таблиця 4.3 – Рекомендації з вибору установочних проводів в залежності від виду електропроводки, способу прокладання та умов навколишнього середовища

№№ пп	Вид електропроводки та спосіб прокладки установочних проводів	Характеристика приміщення або середовища				
		Сухе, вологе, сире, особливо сире	Жарке	Пильне	З хімічно активним середовищем	Зовнішні установки
		Марки проводів				
1	2	3	4	5	6	7
1	Відкрита по вогнестійким та важкогорючим поверхням і конструкціям:					
	а) на лотках	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	-	-	-
	б) в коробах із кришками, що відкриваються	"	"	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	-	АПРН, ПРН
	в) у вінілпластових трубах	"	-	"	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	"
г) в сталевих трубах	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	-	АПРТО, ПРТО, АПРН, ПРН	
2	Відкрита по горючим поверхням і конструкціям:					
	а) на лотках	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	-	-	-
	б) в коробах із кришками, що відкриваються	"	"	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	-	АПРН, ПРН
в) в сталевих трубах	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	-	АПРТО, ПРТО, АПРН, ПРН	
3	Прихована по вогнестійким та важкогорючим поверхням і конструкціям:					
	а) в вінілпластових трубах безпосередньо	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	-	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПРН, ПРН
	б) в поліетиленових трубах замонітовано в борознах і т.п. у суцільному слою негорючих матеріалів	"	-	"	"	"
в) в сталевих трубах безпосередньо	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	-	АПРТО, ПРТО, АПРН, ПРН	
4	Прихована по горючим поверхням і конструкціям:					
	а) в вінілпластових трубах із підкладкою під труби негорючих матеріалів і подальшим штукатуренням	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	-	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПРН, ПРН
б) в сталевих трубах безпосередньо	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	АПРТО, ПРТО, АПВ, ПВ1, АПРН, ПРН	-	АПРТО, ПРТО, АПРН, ПРН	

Таблиця 4.4 – Проводи термоелектродні за ГОСТ 24335-80

Марка	Характеристика проводу	Перетин	Метал, сплав або пара сплавів (в дужках - умовне позначення матеріалу жили)	Умови застосування	Зовнішній розмір проводу, мм
1	2	3	4	5	6
ПТБ	Провід із ізоляцією з полівінілхлориду, двожильний	0,2	Мідь-константан (М)	В сухих та сирих приміщеннях, в трубах, в приладах, де можливий вплив хлору або газів хлору застосовувати забороняється	1,5×3,5
		1,0	Мідь- мідяно-нікелевий сплав ТП (П)		3,1×6,8
		2,5	Хромель-копель (ХК) Мідь-копель (МК)		3,8×8,0
ПТТВ	Те ж, гнучкий	1,0	Те ж, і мідь- мідяно-нікелевий сплав МН-2,4 (М-МН)	Те ж, де вимагається підвищена гнучкість	3,2×6,9
		1,5			3,5×7,5
		1,8			3,7×7,9
		2,5			4,0×8,5
ПТВО	Провід з полівінілхлоридною ізоляцією в полівінілхлоридній оболонці, двожильний	2,5	Мідь-константан (М) Мідь- мідяно-нікелевий сплав ТП (П) Хромель-копель (ХК) Мідь-копель (МК)	Для прокладання в приміщеннях, де вимагається механічна міцність	4,8×7,7
		2,5	Те ж		
ПТГВО	Те ж, гнучкий	1,0	Те ж	Те ж, де вимагається підвищена гнучкість	4,2×6,6
		1,5			4,5×7,2
		1,8			4,7×7,6
		2,5			5,0×8,2
ПТВП	Провід з ізоляцією з полівінілхлориду в обплетенні з сталеві проволочи двожильний	1,0	Мідь-константан (М) Мідь- мідяно-нікелевий сплав ТП (П) Хромель-копель (ХК) Мідь-копель (МК)	В сухих, вологих приміщеннях і зовнішніх установках та там, де вимагається захист від механічних впливів	4,3×8,0
		1,0	Те ж		
ПТП	Провід з ізоляцією з поліетилентерфталатної плівки і у загальній обплетенні з лавсанових ниток, двожильний	1,5	Те ж	Для прокладання в жарких приміщеннях і всередині приладів	2,7×4,5
		1,8			2,9×4,9
		2,5			3,2×5,5
ПТПЭ	Те ж, екранований	1,5	Те ж	Те ж, де вимагається захист від зовнішніх електромагнітних полів та механічних впливів	3,5×5,2
		1,8			3,7×5,7
		2,5			4,0×6,3
ПТФ	Провід із ізоляцією з фторопластової плівки в обмотці і обплетенні з склострічки, просякнутих кремнійорганічним лаком, одножильний	0,5	Сплав нікель-мідь (НМ)	В приміщеннях жарких за умови фіксованого монтажу. Для приєднання піротехнічних пристроїв	2,2
		1,5	Сплав мідь-титан (МТ)		2,3
		2,5			3,3
		4,0			3,8
ПТФЭ	Те ж, екранований	0,5	Те ж	Те ж, де вимагається захист від зовнішніх електромагнітних полів і механічних впливів	2,8
		1,5			3,4
		2,5			3,9
		4,0			4,6

Для позначення відповідного металу або сплаву в проводах типу ПКВ, ПКЛ, ПГВ ізоляція або сталки в обмотці мають забарвлення: для міді – червону або рожеву; хромелі – фіолетову або чорну; копелі – жовту або помаранчеву; константан – коричневу; т.п. – зелену.

У табл 4.5 наведено позначення контрольних кабелів з гумовою та пластмасовою ізоляцією за ГОСТ 1508-78 для електропроводок систем автоматизації.

Таблиця 4.6 – Номінальний перетин та кількість жил контрольних кабелів за ГОСТ 1508-78

Марка кабелю	Номінальний перетин жили, мм ²						
	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10
	Кількість жил в кабелі						
КРСГ, КРСБ, КРСБГ	-	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37			4, 7, 10		-
КРСК	-	10, 14, 19, 27, 37		7, 9, 14, 19, 27, 37	7, 10		-
КРВГ, КРВГЭ, КРВБ, КРНБ, КРВБГ, КРВББГ, КРНГ, КРНБГ, КРНББГ, КРНБн, КВВБн, КПсВБн, КРВБн	4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52			4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37	4, 7, 10		-
КВВГ, КВВГЭ, КВВБ, КВВБГ, КВВББГ, КВББШв, КПсВГ, КПсВГЭ, КПсВБ, КПсВБГ, КПсВББГ, КПсББШв	4,5,7,10,14,19,27, 37,52,61						
КВКБШв, КПсВКБШв	10, 14, 19, 27, 37			7, 10, 14, 19, 27, 37	7, 10		-
АКРКГ, АКРБГЭ, АКРВБ, АКРВБГ, АКРВББГ, АКРНГ, АКРНБ, АКРНБГ, АКРНББГ, АКВВГ, АКВВГЭ, АКВВБГ, АКПсВГ, АКПсВГЭ, АКПсВБ, АКПсВБГ, АКПсББГ, АКПсББШв, АКВВБ	-			4, 5, 7,10, 14, 19, 27, 37	4, 7, 10		

В проводах типу ФТ в обплетенні введені кольорові нитки з шовку, забарвлення яких відповідає: хромель Т – фіолетова або чорна; алюмель – зелена.

4.4. Рекомендації при проектуванні трубних проводок

Трубні проводки це лінії зв'язку для передачі енергії в пневматичних і гідравлічних системах автоматики і призначені для виконання різних

допоміжних функцій, зв'язаних з їх обслуговуванням (обігрів, охолодження, дренаж, промивка і т.п.).

Таблиця 4.7 – Галузі застосування контрольних кабелів за ГОСТ 1508-78 в електропроводках систем автоматизації

Марка кабелів	Галузь застосування, що рекомендується
КРСГ	Всередині приміщень, в каналах, тунелях, в місцях, які не зазнають вібрації, при відсутності механічних пошкоджень на кабель, в середовищі, нейтральному у відношенні до свинцю
КРСК	В місцях, де кабель зазнає значні зусилля розтягнення
КРСБ	В землі (траншеях), якщо кабель не зазнає значних зусиль розтягнення
КРСБГ, КРВБГ, КПсВБГ, КРНБГ, КРВББГ, КРНББГ, КВВББГ, КВВБГ, КПсВББГ, АКРВБГ, АКВВБГ, АКПсВБГ, АКРНБГ, АКРВББГ, АКРНББГ, АКВВББГ, АКПсВББГ	В приміщеннях, каналах, тунелях, якщо кабель не зазнає значних зусиль розтягнення
КРВГ, КВВГ, КРНГ, КПсВГ, АКВВГ, АКРВГ, АКРНГ, АКПсВГ	В приміщеннях, каналах, тунелях, в умовах агресивного середовища при відсутності механічних впливів на кабель
КРВГЭ, КВВГЭ, КПсВГЭ, АКРВГЭ, АКВВГЭ, АКПсВГЭ	В приміщеннях, каналах, тунелях, при відсутності механічних впливів на кабель, в умовах агресивного середовища і необхідності захисту електричних ланцюгів від впливу зовнішніх електричних полів
КРВБ, КРНБ, КВВБ, КПсВБ, АКРВБ, АКРНБ, АКВВБ, АКПсВБ	В землі (траншеях) в умовах агресивного середовища та в місцях, що зазнають вплив блукальних струмів, якщо кабель не зазнає значних зусиль розтягнення
КПсВБШв, КВББШв, АКПсБШв, АКВББШв	В приміщеннях, каналах, тунелях, в землі (траншеях), в тому числі в умовах агресивного середовища, і в місцях, що зазнають вплив блукальних струмів, якщо кабель не зазнає значних зусиль розтягнення
КПсВКБШв, КВКБШв	Те ж, якщо кабель зазнає значних зусиль розтягнення
АКПсВГ, КПсВГ, АКВВГ, КВВГ	В землі (траншеях), при умові забезпечення захисту вказаних неброньованих кабелів в місцях виходу на поверхню від механічних пошкоджень в експлуатації
Кабелі усіх марок	На відкритому повітрі, при умові захисту їх від механічних пошкоджень і впливу прямих промінів

За функціональним призначенням трубні проводки діляться на основні і допоміжні, а за розміщенням в автоматизованому об'єкті – на внутрішні і зовнішні, скриті і відкриті.

До основних трубних проводок відносяться імпульсні, командні, живильні, а до допоміжних – обігрівні, охолоджувальні, дренажні, викидні.

Основні вимоги до трубних проводок, які необхідно враховувати при проектуванні системи автоматизації наступні:

а) Трубні проводки повинні забезпечувати можливість:

- 1) перевірки і випробування системи автоматизації в процесі монтажу, наладки і експлуатації;
- 2) перевірки самої трубної проводки (промивка, видалення газів, конденсату з трубної системи).

б) Трубні проводки повинні мати:

- 1) необхідні нахили (імпульсні не менше 1:50, а до дифманометрів – не менше 1:10);
- 2) необхідну механічну міцність, прохідний отвір, необхідний для передачі інформації на задану відстань з необхідною потужністю і швидкістю.

в) Трубна проводка повинна бути так запроектована, щоб забезпечувати пожежо- і вибухобезпечність.

При проектуванні трубних проводок систем автоматизації слід керуватися РМ 4-6-92 «Проектирование электрических и трубных проводок. Часть 2. Трубные проводки».(див. табл. 4.8 – 4.14)

Таблиця 4.8 – Рекомендований сортимент і матеріали труб для найбільш розповсюджених трубних провідок в системах автоматизації

Речовина, що вимірюється або транспортується, група трубопроводу за додатком 2					Довж. лінії зв'язку, м	Сортамент та матеріал труби	Умовний прохід, мм	Зовнішній діаметр та товщина стінки, мм			
назва речовини	група трубопроводу	умовний тиск	перепад тиску	температура, °С							
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1. Імпульсні лінії зв'язку											
1.1. Тиск і розрідження, що вимірюються											
Газ	В	до 100 Па (10кгс/м ²)	—	для труб без зазначення марки сталі: від 0 до 175; для труб з сталі 10 і 20: від -20 до 200	до 16	Сталева водогазопровідна за ГОСТ 3262-75*	20	26,8×2,8			
		100-250 Па (10-25 кгс/м ²)	—		16-60	То же	25	33,5×3,2			
		250-2500 Па (25-250 кгс/м ²)	—		до 16	"	15	21,3×2,8			
		2,5-25 кПа (250-2500 кгс/м ²)	—		16-60	"	20	26,8×2,8			
		25-100 кПа (0,25-1,0 кгс/см ²)	—		до 16	"	15	21,3×2,8			
			—		16-60	"	20	26,8×2,8			
	незалежно	В	0,1-1,6 МПа (1,0-16 кгс/см ²)	—	від -40 до 450	до 60	"	15	21,3×2,8		
						до 90	"	15	21,3×2,8		
							Сталева водогазопровідна за ГОСТ 3262-75*	8 або 15	13,5×2,2 або 21,3×2,8		
						до 45	Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10	—	10×2		
						45-90	Сталева водогазопровідна за ГОСТ 3262-75*	15	21,3×2,8		
							Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10	—	14×2		
незалежно	В	1,6-10 МПа (16-100 кгс/см ²)	—	Від -40 до 450	до 45	Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10	—	10×2			
					45-90	Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10	—	14×2			
					до 45	Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 20	—	14×3			
					45-90	Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 20	—	16×3			
Пара та рідина	В	до 1,6 МПа (16 кгс/см ²)	—	від 0 до 175; від -20 до 200 (див. вище)	до 45	Сталева водогазопровідна за ГОСТ 3262-75*	8 або 15	13,5×2,2 або 21,3×2,8			
						Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10	—	10×2			
	В					—	від 0 до 175; від -20 до 200 (див. далі)	45-90	Сталева водогазопровідна за ГОСТ 3262-75*	15	21,3×2,8
									Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10	—	14×2
	—	от -40 до 450									

Продовження таблиці 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пара і рідина	незалежно	1,6-10 МПа (16-100 кгс/см ²)	—	від -40 до 450	до 45	Те саме	—	10×2
			—	від -40 до 450	45-90	"	—	16×2,5
		10-25 МПа (100-250 кгс/см ²)	—	від -40 до 450	до 45	Те саме із сталі 20	—	14×3
			—	від -70 до 450	45-90			16×3
10-25 МПа (100-250 кгс/см ²)	—	від -70 до 450	45-90	Безшовна за ГОСТ 8734-75* із низьколегованої сталі	—	16×3		
1.2. Вимірювання витрати (за перепадом тиску) і рівня								
Газ	В	до 1,0 МПа (10 кгс/см ²)	до 250 Па (25кгс/м ²)	від 0 до 175, от -20 до 200 (см. вище)	до 16	Сталева водогазопровідна за ГОСТ 3262-75	15	21,3×2,8
			0,25-2,5 кПа (25-250 кгс/см ²)		16-60	Те саме	20	26,8×2,8
					до 16	"	15	21,3×2,8
	Незалежно	1,0-1,6 МПа (10-16кгс/см ²)	2,5-25 кПа (250-2500 кгс/м ²)	від -40 до 450	16-60	"	20	26,8×2,8
					1,6-10 МПа (16-100 кгс/см ²)	"	15	21,3×2,8
						10-25 МПа (100-250 кгс/см ²)	Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10	—
Пара і рідина	В	до 1,0 МПа (10 кгс/см ²)	10-160 кПа (0,1-1,6 кгс/см ²)	від -40 до 450	до 60	Те саме	—	14×2
						Те саме із сталі 20	—	16×3
Незалежно	1,6-10 МПа (16-100 кгс/см ²)	10-25 МПа (100-250 кгс/см ²)	від -40 до 450	до 60	Сталева водогазопровідна за ГОСТ 3262-75*	15	21,3×2,8	
					Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10	—	14×2	
						—	16×3	
1.3. Передача проби на аналіз (при наявності байпаса біля приладу)								
Газ	В	до 0,05 МПа (0,5 кгс/см ²)	—	від 0 до 175; від -20 до 200 (див. вище)	до 15	Сталева водогазопровідна за ГОСТ 3262-75*	15	21,3×2,8
		0,05-1,6 МПа (0,5-16 кгс/см ²)	—	Від -40 до 450		Те саме	8	13,5×2,2
	Незалежно	1,6-10 МПа (16-100 кгс/см ²)	—		Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10	—	10×2	
		10-25 МПа (100-250 кгс/см ²)	—	від -40 до 450	Те саме	—	10×2	
Пара і рідина	В	до 1,6 МПа (16 кгс/см ²)	—	від 0 до 175; від -20 до 200 (див. вище)	до 30	Сталева водогазопровідна за ГОСТ 3262-75*	8	13,5×2,2
				Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10		—	10×2	
	Незалежно	1,6-10 МПа (16-100 кгс/см ²)	—	від -40 до 450	Те саме	—	10×2	
		10-25 МПа (100-250 кгс/см ²)	—	від -40 до 450	Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 20	—	10×2,5	

Продовження таблиці 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. Командні лінії зв'язку								
Передача командних сигналів від пневматичних датчиків, регулюючих і керуючих пристроїв	В	до 0,14МПа (1,4 кгс/см ²)	—	від -10 до 60	до 300-400	Трубки з пластикату полівінілхлоридного (ПВХ) за ТУ6-19-254-84	—	Внутрішній діаметр 4 мм Товщина стінки 1 мм
				від -40 до 60		Трубка напірна за ТУ6-19-272-85 з поліетилену високого тиску за ГОСТ 16337-77* марок 102-14 і 153-14 вищого і першого сортів	—	6×1, 8×1, 8×1,6
						Кабелі пневматичні за ТУ16-505.720-75 з 7-ми і 12-ти поліетиленових трубок за ТУ 6-19-272-85 з поліетилену високого тиску за ГОСТ 16337-77* марок 102-14 і 153-14 вищого і першого сортів	—	6×1 або 8×1,6
		до 6,4 МПа (64 кгс/см ²)	—	від-60 до 60		Труба з алюмінію за ГОСТ 18475-82	—	6×1, 8×1
						Труба мідна за ГОСТ 617-72*	—	6×1 або 8×1
						Труба безшовна за ГОСТ 9941-81* з корозійно-стійкої сталі марок 08×13, 12×13	—	6×1 або 8×1,5
Передача командних сигналів від гідравліч. регул. і кер. пристр.	В	"	—	—	до 100	Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10 або 20	—	10×2 14×2
3. Лінії живлення, обігріву, охолодження								
Стис. повітря	В	до 1,0 МПа (10 кгс/см ²)	—	від -40 до 450	—	Безшовна за ГОСТ 8734-75* із сталі 10 або 20	Діаметри труб рекомендується обирати з умов припустимої швидкості стис.повітря до 10 м/с	
Олія, вода						Те саме	Те саме, при припустимій швидкості олії і води в трубах до 2 м/с	
Пара						"	Те саме, при припустимій швидкості олії і води в трубах до 20-25 м/с	

Таблиця 4.9 – Внутрішній діаметр (мм) імпульсної лінії зв'язку в залежності від довжини для різних речовин, що вимірюються за міжнародному стандарту ISO 2186

Вимірювана величина	Відстань на яку передається сигнал тиску		
	0–16 м	16–45 м	45–90 м
Вода, пара Повітря, сухий газ	7–9	10	13
Повітря вологий газ (є небезпека конденсації вологи в трубах)	13	13	13
Маса малої і середньої в'язкості	13	19	25
Дуже забруднені рідини або газ	25	25	38

Пластмасові труби для трубних провідок

1. Труби напірні з поліетилену низького (ПНТ) і високого тиску (ПВТ) за ГОСТ 18599-83.

Напірні труби кільцевого перетину виготовляються з поліетилену низького тиску (ПНТ) з допустимим напруженням в стінці труби 5 МПа і поліетилену високого тиску (ПВТ) із допустимим напруженням в стінці труби 2,5 МПа.

Призначені для трубопроводів, що транспортують воду, в тому числі для господарчо-питного водопостачання, і інші рідкі та газоподібні речовини, до яких поліетилен хімічно стійкий.

Таблиця 4.10 – Матеріали труб

Матеріали труби	Тип труби		Нормальний тиск МПа (кгс/см ²)
ПНТ, ПВТ	Л	легкий	0,25 (2,5)
	СЛ	середнє легкий	0,4 (4,0)
	С	середній	0,6 (6,0)
	В	важкий	1,0 (10,0)

Таблиця 4.11 – Розмір труб

Зовнішній діаметр, мм		Товщина стінки, мм								Маса 1 п/м труби, кг			
		Л		СЛ		С		Т		Л	СЛ	С	Т
Номін.	Межі відхил.	Номін.	Межі відхил.	Номін.	Межі відхил.	Номін.	Межі відхил.	Номін.	Межі відхил.				
Труби з ПНД													
25	+0,3	-	-	-	-	2,0	+0,4	2,3	+0,5	-	-	0,151	0,172
32	+0,3	-	-	-	-	2,0	+0,4	3,0	+0,5	-	-	0,197	0,280
40	+0,4	-	-	2,0	+0,4	2,3	+0,5	3,7	+0,6	-	0,249	0,286	0,432
50	+0,5	-	-	2,0	+0,4	2,9	+0,5	4,6	+0,7	-	0,315	0,443	0,669
Труби з ПВХ													
10	+0,3	-	-	-	-	-	-	2,0	+0,4	-	-	-	0,05
25	+0,3	-	-	2,0	+0,4	2,7	+0,5	4,2	+0,7	-	0,146	0,189	0,271
32	+0,3	2,0	+0,4	2,4	+0,5	3,5	+0,6	5,4	+0,8	0,19	0,226	0,311	0,441
40	+0,4	2,0	+0,4	3,0	+0,5	4,3	+0,7	6,7	+0,9	0,241	0,364	0,477	0,682
50	+0,5	2,4	+0,5	3,7	+0,6	5,4	+0,8	8,4	+1,1	0,364	0,534	0,745	1,07

Приклад запису у ВМ позначення труби напірної з поліетилену низького тиску (ПНТ) із зовнішнім діаметром 25 мм, середнього типу: ПНД 25 С ГОСТ 18599-83.

2. Трубки гнучкі з пластикату полівінілхлоридного за ТУ 6-19-254-84

Товстостінні трубки гнучкі, виготовлені з пластикату полівінілхлоридного, призначені для безнапірної подачі за ними води, повітря і газів (які не здійснюють руйнівної або розчинюючої дії на пластикат ПВХ).

Трубки виготовлюють з пластикату ПВХ для шприцьованих виробів рецептури 38 за ТУ 6-05-1729-75.

Робоча температура від -10 до +60°C.

Таблиця 4.12

Внутрішній діаметр, мм		Товщина стінки, мм		Маса 1 м трубки, г
Номін.	Межі відхил.	Номін.	Межі відхил.	
4	±0,5	1,0	±0,2	22,98
8	±0,75	1,0	±0,2	40,69
9	±0,75	1,0	±0,2	44,99
10	±0,75	1,5	±0,3	77,47
11	±0,75	2,0	±0,4	116,62
13	±0,75	4,0	±0,8	307,66
19	±1,0	4,0	±0,8	410,78
21	±1,25	7,0	±1,4	831,89
25	±1,25	5,5	±1,1	748,45
25	±1,25	3,0	±0,9	391,76
36	±1,5	3,0	±0,6	516,27
45	±2,0	3,0	±0,6	685,51
50	±2,0	6,0	±1,2	1485,00

Приклад запису в ВМ позначення трубки з пластикату полівінілхлоридного внутрішнім діаметром 25 мм з товщиною стінки 3 мм: ПВХ-38-25×3 ТУ6-19-254-84

3. Трубки з поліетилену високого тиску за ТУ 6-19-272-85

Трубки кільцевого перетину виготовляють з поліетилену високого тиску за ГОСТ 16377-87 стабілізованого і не стабілізованого базових марок 10803-020, 15803-020, 10204-003, 15303-003.

Застосовують для транспортування повітря, води і агресивних середовищ, до яких поліетилен хімічно стійкий.

Робочий тиск при температурі 20°C дорівнює 0,6 МПа

Приклад запису в ВМ позначення трубки з поліетилену високого тиску зовнішнім діаметром 8 мм з товщиною стінки 1,6 мм: ПВД 8×1,6 мм ТУ 6-19-272-85.

4. Кабелі пневматичні і пневмоелектричні з поліетиленовими трубками за ТУ16-505.720-75

Кабелі пневматичні і пневмоелектричні з поліетиленовими трубками призначені для нерухокої прокладки в СА при температурі навколишнього

середовища від +60°C до -50°C і умовному тиску середовища в трубках $58,8 \cdot 10^4$ Па (6 кгс/см²) при температурі 20°C.

Будівельна довжина кабелів повинна бути не менш 150 м.

Марки кабелів, їх найменування і область застосування наведені в табл. 4.13.

Таблиця 4.13 – Марки пневмокабелів і їх застосування

Марка кабелю	Найменування	Область застосування
ТПО	Кабель пневматичний в оболонці з полівінілхлоридного пластикату	Для прокладки в умовах впливу парів кислот, лугів і середовищ з підвищеною вологістю, при відсутності механічних дій
ТПВББГ	Кабель пневматичний в обмотці зі стрічок полівінілхлоридного пластикату із захисним покривом типу ББГ	Для зовнішньої і внутрішньої прокладки у вибухо- і пожежонебезпечних приміщеннях, в умовах можливих механічних впливів, при відсутності в атмосфері речовин, що руйнують броню
ТПБББГ	Кабель пневматичний в обмотці зі стрічок кабельного паперу із захисним покривом типу ББГ	Для зовнішньої і внутрішньої прокладки, за винятком вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщень, в умовах можливих механічних впливів, при відсутності в атмосфері речовин, що руйнують броню

Розміри кабелів і поліетиленових трубок наведені в табл. 4.14.

Приклад запису позначення пневматичного кабелю з 7 поліетиленовими трубками зовнішнім діаметром 8,0 мм і товщиною стінки 1,6 мм в документації: Кабель ТПО 7×8/1,6 ТУ16-505.720-75.

Таблиця 4.14 – Розміри кабелів поліетиленових труб

Марка кабеля	Зовнішній діаметр кабеля, мм	Кількість трубок, шт.	Зовнішній діаметр трубки, мм	Товщина стінки трубки, мм
ТПО	23,3	7	6	1
	31,3	12	6	1
	37,0	19	6	1
	30,4	7	8	1 або 1,6
	41,0	12	8	1 або 1,6
ТПВББГ	24,2	7	6	1
	31,8	12	6	1
	36,0	19	6	1
	30,8	7	8	1 або 1,6
	40,9	12	8	1 або 1,6
ТПБББГ	21,9	7	6	1
	29,5	12	6	1
	33,0	19	6	1
	28,5	7	8	1 або 1,6
	38,6	12	8	1 або 1,6

Найбільш поширено при проектуванні трубних проводок використовують такі труби:

1. Стальні водогазопровідні з умовним проходом 8; 15; 20; 25; 40 і 50мм.
2. Стальні безшовні з зовнішнім діаметром 8; 10; 14; 16 і 22 мм з товщиною стінки не менше 1 мм.
3. Мідні з зовнішнім діаметром 6; 8; 10; 14 і 12 мм з товщиною стінки не менше 1 мм.
4. Алюмінієві і із алюмінієвих сплавів з зовнішнім діаметром 8; 10; 12мм з товщиною стінки не менше 1 мм.
5. Поліетиленові труби розміром 6 x 1; 8 x 1; 10 x 1,6; 10 x 2.
6. Полімервінілові з внутрішнім діаметром не менше 4 мм і товщиною стінки 1, 6мм.

5. СХЕМИ З'ЄДНАНЬ ТА ПІДКЛЮЧЕННЯ ЗОВНІШНІХ ПРОВОДОК

5.1. Загальні положення

Схема з'єднань зовнішніх проводок - комбінована схема, на якій зображені електричні і трубні зв'язки між приладами і засобами автоматизації, що встановлені на технологічному, інженерному обладнанні та комунікаціях (трубопроводах, повітроводах і т. п.), зовні щитів та на щитах, а також зв'язки між щитами, пультами, комплексами або окремими пристроями комплексів.

На схемі підключення зовнішніх проводок зображені підключення проводів, кабелів, труб до щитів, з'єднувальних коробок, груповим стійкам приладів. Схему підключення допускається не виконувати, якщо всі підключення можуть бути вказані на схемі з'єднань зовнішніх проводок.

Ці схеми проектними документами розробляються на стадії «Робоча документація», на основі яких проводяться монтажні роботи на об'єкті. Вони визначають матеріальні затрати і характеризують фізичні обсяги робіт. Такі схеми використовують також в процесі експлуатації засобів контролю і автоматики.

Для розробки схем зовнішніх електричних і трубних проводок використовують схеми автоматизації, схеми живлення (пневматичні, електричні), монтажні креслення щитів і пультів, схеми контролю і регулювання та ін. На цих схемах умовно в вигляді ліній зв'язку показують електричні проводи, кабелі, трубопроводи, які прокладені між первинними приладами і пунктами керування (за межами щитів і пультів).

5.2. Основні вимоги при проектуванні і експлуатації зовнішніх проводок

З'єднання та підключення зовнішніх проводок показують у вигляді схем або таблиць.

Схеми з'єднань та підключення виконують, як правило, роздільно для кожного блока, що автоматизується, монтаж якого здійснюють незалежно від інших. При цьому в найменуванні схеми додатково вказують найменування блока. Наприклад: «Блок насосів. Схема з'єднань зовнішніх проводок».

Рекомендується на схемах з'єднань зовнішніх проводок наводити підключення електропроводок до приладів, що встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні та комунікаціях, а також до одиночних поза-щитових (місцевих) приладів.

При незначному обсязі електропроводок, що підключаються до технічних засобів автоматизації, ці підключення допускається наводити на схемі з'єднань, при цьому не виконуючи схеми підключення.


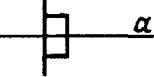
Підключення електропроводок до групових установок і приладів, щитів та пультів, комплексів технічних засобів рекомендується наводити на самостійних схемах підключення.

Технічні засоби, для яких на схемах наводять підключення електропроводок, зображують спрощено зовнішніми обрисами або у вигляді прямокутників, у яких:

а) ввідні елементи (наприклад, гермо-вводи, сальники) – за контуром прямокутника умовними графічними позначеннями за ГОСТ 2.702 (табл. 5.1);

б) вхідні та вихідні елементи показують у вигляді кружків (для круглих штепсельних рознімачів або прямокутників (наприклад, для зборок і колодок затискачів та інших елементів відповідної форми).

Таблиця 5.1 – Графічні позначення ввідних елементів

Найменування	Позначення
Ізолятор прохідний	
Гермовведення	
Сальник	
<i>α</i> — лінія, що зображує провід (групу проводів, джгут, кабель – багатожильний провід, електричний шнур)	

Позначення для позащитових приладів, порядковий номер і тип (з'єднувальних коробок) вказують над полицею лінії виноски, а під полицею - позначення і (або) номер аркуша установки (рис. 5.1).

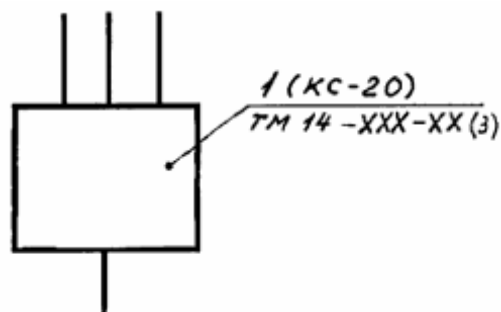


Рис. 5.1 – Позначення позащитових приладів

Для інших технічних засобів всередині прямокутника вказують їх найменування, а також:

а) номер аркуша (позначення документа) креслення установки (для групової установки);

б) позначення ескізного креслення загального виду (для щитів і пультів).

Позначення жил кабелів та проводів на схемах і таблицях з'єднань та підключення приймають відповідно до принципів електричних схем.

5.3. Правила виконання схем з'єднань зовнішніх проводок

На схемі з'єднань у загальному випадку наводять:

- а) первинні прилади та виконавчі механізми, що встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні і комунікаціях;
- б) позащитові прилади та групові установки приладів;
- в) щити, пульти, комплекси технічних засобів;
- г) зовнішні електричні і трубні проводки між всіма технічними засобами автоматизації, що встановлені на технологічному обладнанні і комунікаціях;
- д) захисне заземлення та занулення систем автоматизації;
- е) перелік елементів за ГОСТ 2.701;
- ж) таблицю умовних позначень, що не передбачені діючими стандартами, які застосовані в схемі.

Первинні прилади та виконавчі механізми зображують у верхній частині схеми під таблицею даних, що виконується за рис. 5.2.

Нижче розташовують позащитові прилади, щити та інші технічні засоби. Розбиття рядка таблиці "Найменування параметру та місце відбору імпульсу" на заголовки та підзаголовки виконують довільно,

розташовуючи прилади або за параметрами, або за належністю одному технологічному обладнанню.

Найменування параметру та місце відбору імпульсу	
Категорія трубної проводки	
Позначення креслення установки	
Позиція (за специфікацією обладнання)	

Рис. 5.2 – Таблиця даних

Рядок "категорія трубної проводки" виконують тільки при наявності трубних проводок.

Категорію одиничним трубним проводкам допускається вказувати над зображенням труби після позначення її характеристики.

В рядок "Позиція" вносяться позиції приладів за схемою автоматизації і позиційні позначення електроапаратури, що присвоєні їй за принциповими електричними схемами. Для елементів систем автоматизації, що не мають самостійної позиції (відбірні пристрої і т. п.), вказують позицію приладу, до якого вони відносяться, із прийменником «до», наприклад: «до 1А».

Під таблицею зображають прилади і засоби автоматизації, що встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні і комунікаціях (первинні прилади, виконавчі механізми).

Для приладів, що не мають номерів електричних зовнішніх виводів (наприклад, перетворювачів термоелектричних, термоперетворювачів опору), а також для пневматичних виконавчих механізмів застосовують

графічні умовні позначення, прийняті для цих приладів на схемах автоматизації, тобто за ДСТУ Б А.2.4-16.

Таблиця 5.2 – Групи і категорії трубопроводів систем автоматизації в залежності від середовища, що заповнює, та робочого тиску

Функціональне призначення трубої проводки	середовище, що заповнює, та його параметри	Група трубої проводки	Категорія трубої проводки
Командні і живильні системи пневмо- та гідроавтоматики, обігрівальні та охолоджувальні	Вода, повітря	В	У
Командні системи гідроавтоматики	Масло при $P_p \leq 1,6 \text{ МПа}$ (16 кгс/см ²)	Аб	ІІ
	те саме, $P_p > 1,6 \text{ МПа}$ (16 кгс/см ²)		І
Імпульсні, дренажні та допоміжні	Повітря, вода, пара, інертні гази, не небезпечні та негорючі гази і рідини при P_p до 10 МПа (100 кгс/см ²)	В	За СН 527-80
	Інші гази і рідини у відповідності із областю розповсюдження СН 527-80	За СН 527-80	

Таблиця 5.3 – Групи і категорії технологічних трубопроводів за СН 527-80

Група	Речовини, які транспортуються	Параметри технологічних трубопроводів для категорій трубопроводів									
		I		II		III		IV		V	
		$P_{роб}$, МПа	$t_{роб}$, °С	$P_{роб}$, МПа	$t_{роб}$, °С	$P_{роб}$, МПа	$t_{роб}$, °С	$P_{роб}$, МПа	$t_{роб}$, °С	$P_{роб}$, МПа	$t_{роб}$, °С
А	Шкідливі, клас небезпеки 1 та 2	Незалежно		-	-	-	-	-	-	-	-
	Шкідливі, клас небезпеки 3	Більше 1,6	Більше 300	До 1,6	До 300	-	-	-	-	-	-
Б	Вибухонебезпечні речовини (ВР); горючі гази (ГГ), в тому числі скраплені	Більше 2,5	Більше 300	До 2,5	До 300	-	-	-	-	-	-
	Легкозаймисті рідини (ЛЗР)	Більше 2,5	Більше 300	Більше 1,6 до 2,5	Більше 120 до 300	До 1,6	До 120	-	-	-	-
	Горючі рідини (ГР); горючі речовини	Більше 6,3	Більше 350	Більше 2,5 до 6,3	Більше 250 до 350	Більше 1,6 до 2,5	Більше 120 до 250	До 1,6	До 120	-	-
	Шкідливі, клас небезпеки 4	Незалежно		-	-	-	-	-	-	-	-
В	Важкозаймисті (ВГ); негорючі (НГ)	-	-	Більше 6,3	Більше 350 до 450	Більше 2,5 до 6,3	Більше 250 до 350	Більше 1,6 до 2,5	Більше 120 до 250	До 1,6	До 120
	Шкідливі, клас небезпеки 4, вибухота пожежонебезпечні	Незалежно		-	-	-	-	-	-	-	-

1. Клас небезпеки шкідливих речовин слід визначати за ГОСТ 12.1.005-76 і ГОСТ 12.1.007-76*, пожежо- та вибухонебезпечність – за ГОСТ 12.1.004-86* і ГОСТ 12.1.010-76*.

2. Параметри речовини, що транспортуються, сліду приймати: робочий тиск – таким, що дорівнює надлишковому максимальному тиску, що надається джерелом тиску (насос, компресор і т. п.) або тиску, на який відрегульовані запобіжні пристрої; робочу температуру – такою, що дорівнює максимальній додатній або мінімальній від’ємній температурі речовини, що транспортуються, встановленою технологічним регламентом; умовний тиск – в залежності від робочого тиску, температури і матеріалу трубопроводу за ГОСТ 356-80.

5.4. Зображення щитів і комплексів на схемах зовнішніх провідок

Щити і комплекси зображують у вигляді прямокутників в середній частині креслення - при розташуванні таблиці із пояснюючими написами у верхній та нижній частинах поля креслення або в нижній частині поля креслення - при розташуванні таблиці тільки зверху. Всередині прямокутника вказують найменування щита, комплексу, під найменуванням вказують позначення таблиці підключення даного щита (рис. 5.3).

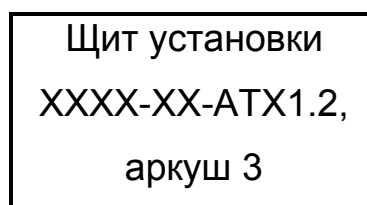


Рис. 5.3 – Зображення одиночного щита

Складені щити та пульти і інші технічні засоби показують відповідно до рис. 5.4.

Щит оператора XXXX-XX-ATX1.2, аркуш 3	Щит 1 XXXX-XX-ATX1.2, аркуш 3	
	Щит 2 XXXX-XX-ATX1.2, аркуш 3	
	Щит 3 XXXX-XX-ATX1.2, аркуш 3	

Рис. 5.4 – Зображення складеного щита

Для одиночних односекційних щитів підключення зовнішніх проводок на схемі з'єднань зображають наступним чином:

- а) у прямокутнику щита показують блоки затискачів, рознімачі, з'єднувачі, а також підключення до них труб, жил кабелів і проводів із відповідним маркуванням;
- б) на вільному полі прямокутника, що зображує щит, наносять найменування щита та позначення таблиці підключення щита;
- в) при наявності в даному щиті сальників, вводів (у випадках підведення траси до шафових щитів зверху), їх зображають за ГОСТ 2.702 у місцях підведення відповідних проводок до прямокутника щита.

На полках ліній-виносок проставляють номери сальників, вводів, присвоєні їм за кресленнями загальних видів щитів (вибір типів сальників, вводів і замовлення їх здійснюють у кресленнях загальних видів щитів).

При наявності на щитах приладів, проводки до яких не допускають розриву на затискачах щита, пульта (наприклад, компенсаційних, коаксіальних та інших спеціальних проводів і кабелів), у прямокутниках, що позначають щити, зображують умовно прилад, його позицію за схемою автоматизації та контакти приладу, до яких безпосередньо підключають зовнішню проводку (див. рис. 5.5 – 5.7).

При підведенні зовнішніх проводок до одиночному односекційному щиту лінії, що зображують зовнішні проводки, закінчують біля контуру прямокутника, що позначає щит. При підведенні зовнішніх проводок до багатосекційного або складеного щита, лінії, що зображують зовнішні проводки, доводять до середини відповідної секції або щита і закінчують колом діаметром 2 мм.

5.5. Позащитові прилади та групові установки приладів

Позащитові прилади (датчики, електроконтактні манометри і т. п.) і групові установки приладів зображують на полі схеми нижче - між таблицею і прямокутниками, що зображують щити.

Для позащитових приладів, що не мають номерів електричних зовнішніх виводів, а також для датчиків із пневматичною дистанційною передачею застосовують графічні умовні позначення, прийняті для цих приладів на схемах автоматизації. Приклад зображення манометра с пневмодатчиком показано на рис. 5.8, а.

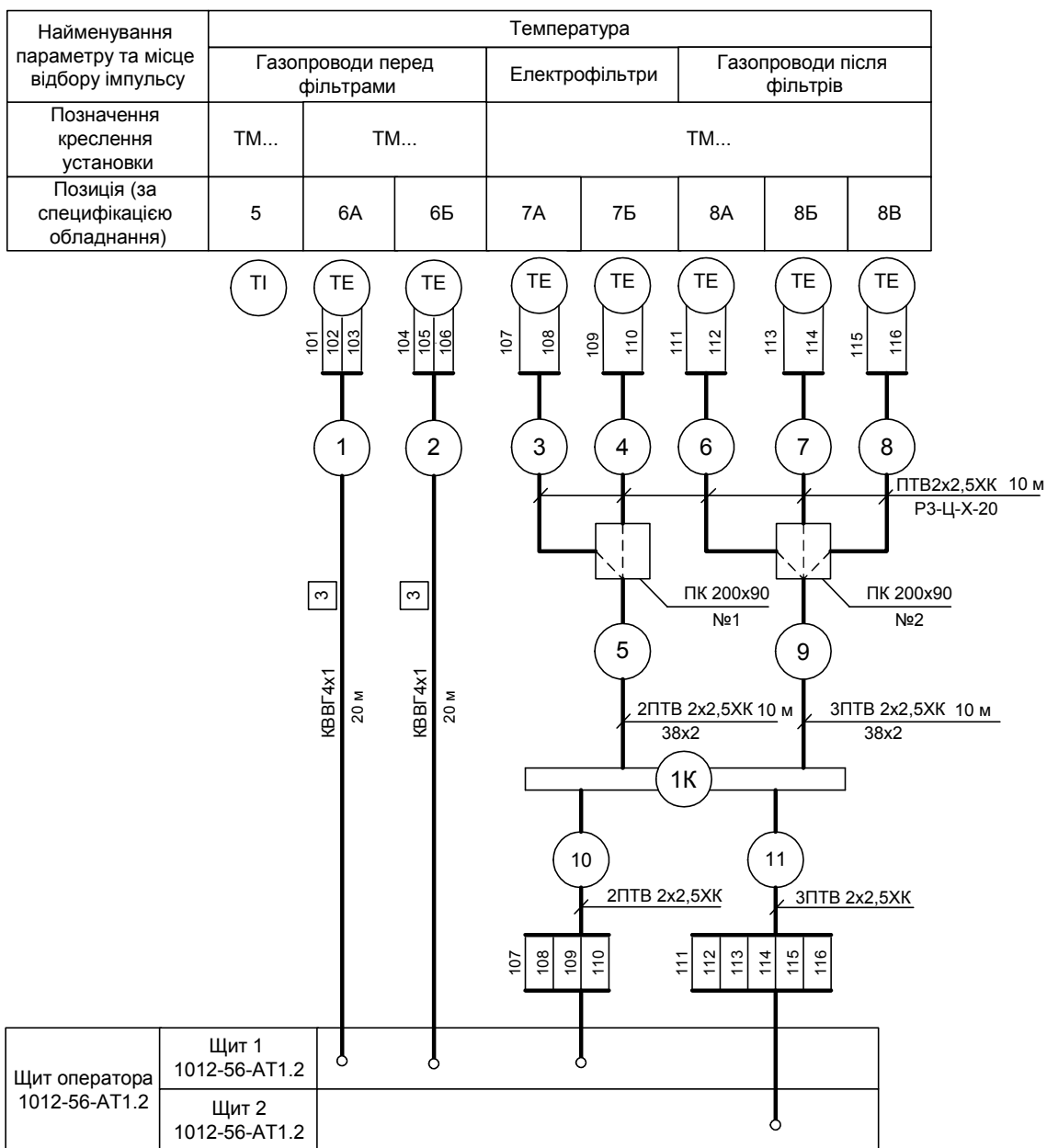


Рис. 5.5 – Схема з'єднань зовнішніх проводок із використанням компенсаційних проводів, коробів та прохідних коробок

Найменування параметру та місце відбору імпульсу	Рівень		
	верхній аварійний	нижній аварійний	Бак №1
Позначення креслення установки	ТМ...		ТМ...
Позиція (за специфікацією обладнання)	35А		3Б

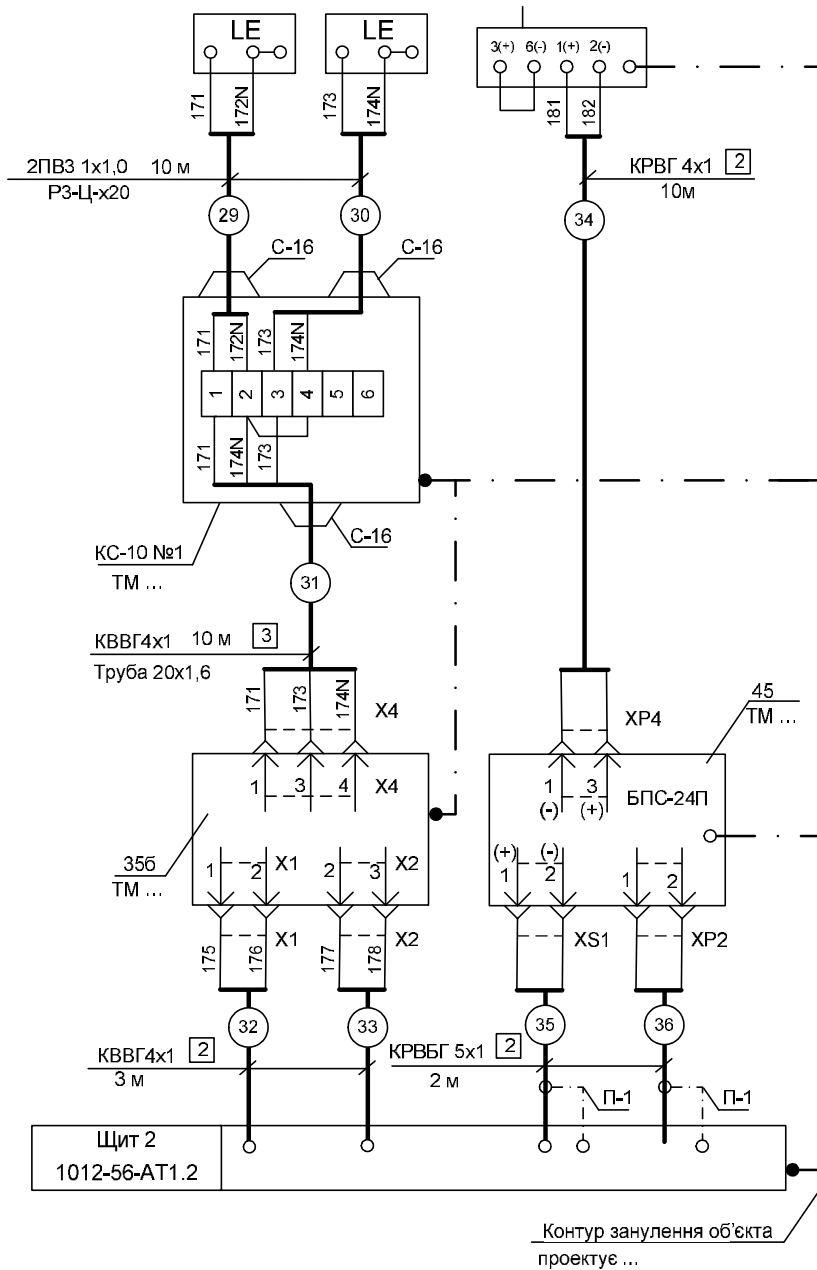


Рис. 5.6 – Схема з'єднань зовнішніх проводок із використанням клемних коробок та занулення

Найменування параметру та місце відбору імпульсу	Тиск повітря	Витрата	Тиск	Клапан на теплоносії	Шляховий вимикач на повітряному клапані
Категорія трубної проводки	Група Д категорія IV	Група Г категорія III		-	-
Позначення креслення установки	-	TM...	-	-	-
Позиція (за специфікацією обладнання)	до 3	45A	до 4	45Д	до 801

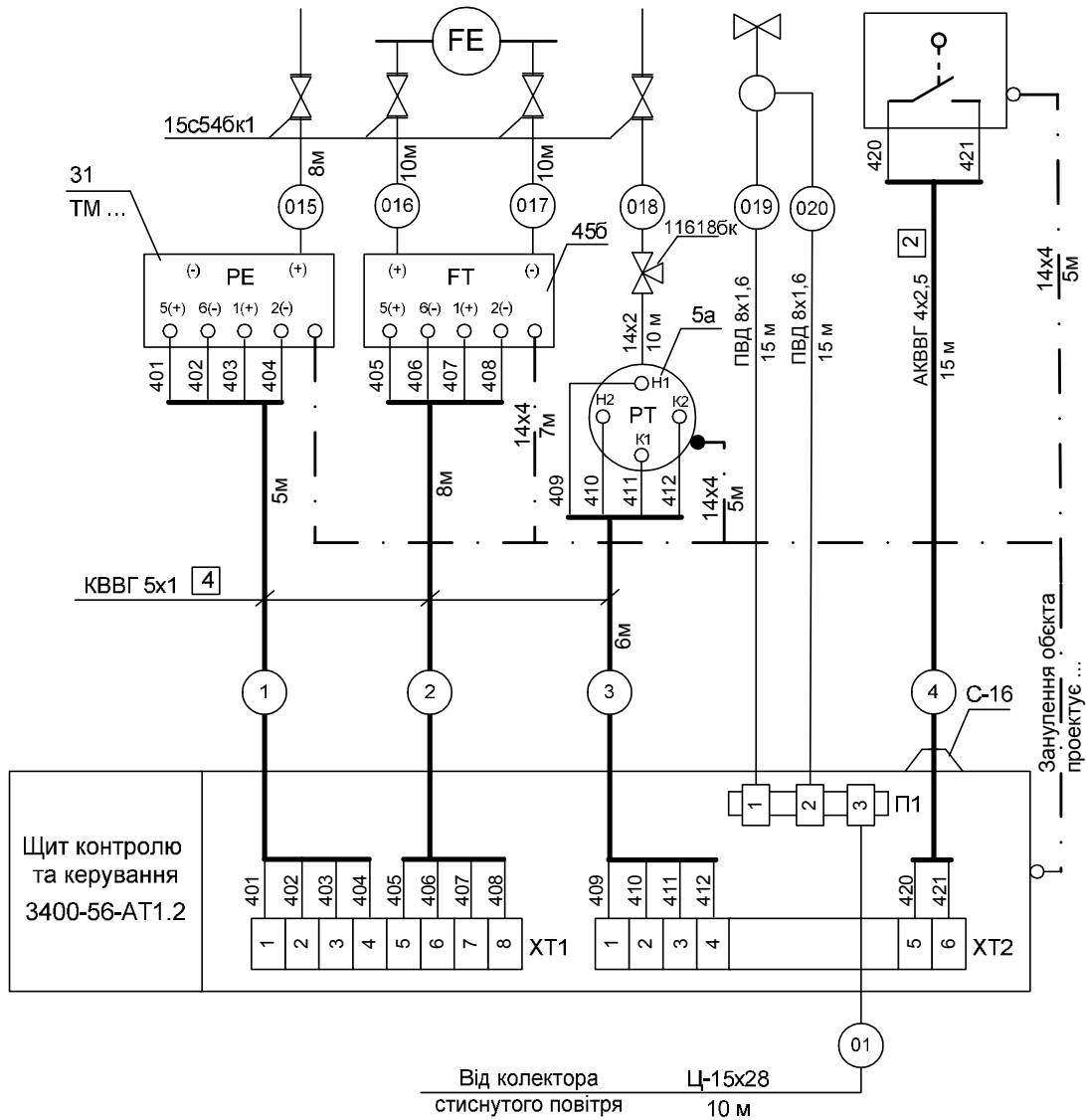


Рис. 5.7 – Схема з'єднань скомбінована із схемою підключень зовнішніх кабельних та трубних проводок для одиночного щита

Позащитові прилади, що мають номеру електричних і пневматичних входів і виходів, зображують монтажними символами за заводськими інструкціями. Номери затискачів і з'єднувачів, підключення до них кабелів, проводів або труб і маркування жил показують у відповідності із вимогами ГОСТ 2.709 (рис. 5.8, б).

Позиції всіх позащитових приладів вказують над полицями ліній-виносок, а позначення креслень установки — під полицями ліній-виносок (рис. 5.8 та 5.9).

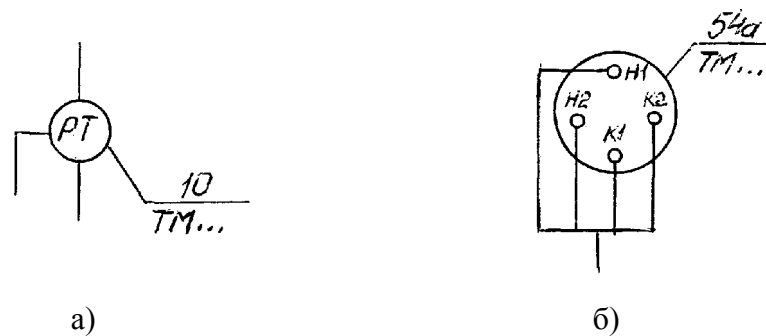


Рис. 5.8 – Зображення позащитових приладів

Розміри монтажних символів для приладів із електричними і пневматичними входами і виходами слід приймати виходячи з необхідності розміщення у них інформації.

Позащитові прилади, що встановлені на загальній несучій конструкції (групові установки приладів), зображають всередині контуру прямокутника із усією необхідною трубою та електричною обв'язкою. У прямокутник вносять також позначення креслення установки.

5.6. Проектування і прокладання зовнішніх проводок

Первинні та позащитові прилади, групові установки приладів та щити з'єднують між собою електричними і пневматичними кабелями,

проводами і джгутами проводів, а також трубними проводками (імпульсними, командними, живильними), які зображують на схемах окремими безперервними лініями.

Вибір проводів і кабелів, а також вибір способу виконання електропроводки роблять у відповідності до РМ 4-6 "Часть 1. Электрические проводки". Вибір труб (імпульсних, командних, живильних і т. д.) роблять у відповідності до РМ4-6 "Часть 2. Трубные проводки".

Для з'єднання і розгалуження електричних кабелів і пневмокабелів на схемах з'єднань показують відповідно електричні і пневматичні з'єднувальні коробки, а при застосуванні проводів у трубах - протяжні коробки.

Протяжні коробки зображують у вигляді прямокутника, всередині якого пунктиром наносять розгалуження джгутів проводів у відповідності до рис. 5.9а.

З'єднувальні коробки на схемі з'єднань зображують спрощено у вигляді прямокутника, без збірок затискачів і без сальників (рис.5.9, б).

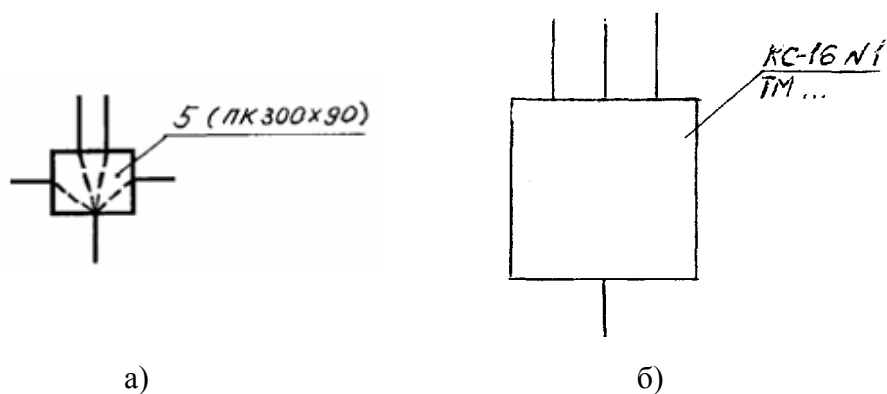


Рис. 5.9 – З'єднувальні коробки

Біля графічних позначень з'єднувальних, протяжних коробок над полицею лінії-виноска вказують їх позначення і порядковий номер,

наприклад: КСК-8 №1; КС-7 №1; ПК200×90 №1. Під полицею ліній-виноски з'єднувальних коробок вказують позначення креслень їх установки.

Зовнішні електричні та трубні проводки виконують окремими суцільними основними товстими лініями. При цьому проводки, що прокладені у коробах, зображують двома паралельними тонкими лініями на відстані 3-4 мм одна від одної (рис. 5.10, д).

Товщина ліній, що зображують пристрої і елементи схем, у тому числі кабелі, проводи, труби, повинна бути від 0,4 до 1 мм за ГОСТ 2.303.

Для кожної проводки, над лінією, що її зображує, наводять технічну характеристику:

- а) для проводів – марку, перетин, колір (при потребі), довжину. Довжину вказують один раз на лінії проводки, що відходить безпосередньо від первинного приладу, при цьому вказують повну довжину проводу або джгута до місця його підключення до затискачів щита, приладу, коробки;
- б) для кабелів – марку, кількість, перетин жил, довжину, кількість зайнятих жил, що вказують у прямокутнику, який розташовують з права від позначення даних кабелю (рис. 5.10, а). Над кількістю робочих жил вказують рівень сигналів у кабелях, що прокладаються;
- в) для металорукава — тип та довжину (рис. 5.10, б);
- г) для труби — діаметр, товщину стінки та довжину (рис. 5.10, в). Для імпульсних, командних, живильних, продувальних, дренажних та інших труб наводять технічну характеристику (діаметр труби, товщина стінки та довжина, а для труб водогазопровідних і запірної арматури необхідно d_y (умовний прохід));

д) для пневмокабелів — марку, кількість труб, їх діаметр, товщину стінки та довжину (рис. 5.10, г).

Допускається довжину вказувати під лінією проводки. Для електропроводок у захисних трубах під лінією вказують характеристику та довжину захисної труби.

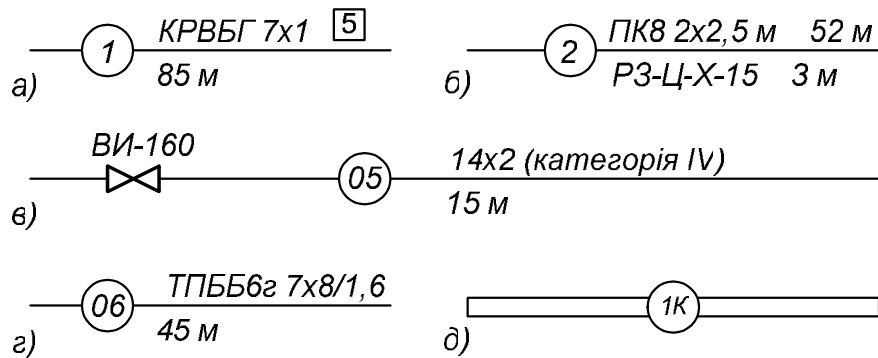


Рис. 5.10 – Позначення кабелів та труб на схемі з'єднань зовнішніх проводок.

При наявності на схемі декількох кабелів, труб однієї марки, одного сортименту, а також запірної арматури одного типу та за умови, якщо вони розташовані поряд, їх марку і тип допускається вказувати на спільній виносній лінії (див. рис. 5.5 – 5.7).

5.7. Нумерація в схемах зовнішніх проводок

Контрольним кабелям та захисним трубам, у яких прокладено джгути проводів, присвоюють порядкові номери: 1, 2, 3 і т. д. Порядкові номери коробам присвоюють з додаванням літери "К", наприклад: 1К, 2К і т. ін.

Трубним проводкам (імпульсним, командним, живильним, дренажним, допоміжним та ін.), в тому числі пневмокабелям присвоюють порядкові номери з додаванням перед ними індексу "0", наприклад: 01, 02, 03 або позицію приладу з додаванням літери "Т" і порядкового номера лінії, наприклад: 245Т, 30Т1, 30Т2.

Якщо у робочій документації присутні імпульсні лінії та пневмокабелі, допускається для пневмокабелів присвоювати номери з додаванням перед ними "00".

Номери проводок вказують у колах, які розміщують у розриві ліній. Діаметр кола обирається виходячи з розміру номеру, який до нього записують, але на одному аркуші діаметри кіл мають бути однаковими.

Для складних систем дозволяється до номеру кабелів або труб додавати цифровий, літерний або літерно-цифровий індекс, який визначає приналежність проводки до частини системи, наприклад: 1-1, 1-2, 1-3, Р1, Р2, Р3, П1-1, П1-2, П1-3 і т.д.

Для схем зовнішніх проводок, що виконані проводами в коробах, та які мають складну розгалужену структуру, і підведені до місцевих приладів із використанням захисних труб, рекомендується:

а) номери проводок, що присвоєні їм при вводі зі сторони місцевих приладів у короб, зберігають за номерами джгутів, що виходять з короба у щит;

б) застосовувати зустрічну адресну систему нумерації, при якій:

1) при виході джгутів проводів з короба до щита їм присвоюють номери і наводять переліки маркувань проводів у джгутах. Коло груп маркувань вказують адресу, в якості якої приймають номери труб, у яких дані проводи виходять з короба до місцевих приладів;

2) при виході проводів з коробки в труби для їх розводки до місцевих приладів в розриві лінії зв'язку вказують номер джгута, що виходить до щита, від якого ці проводи проложені у коробі до місця виходу.

Порядкові номери проводкам присвоюють на схемі з'єднань зверху вниз (при розташуванні щитів знизу поля креслення), знизу вверху (при розташуванні щитів в середній частині креслення), і зліва направо. Нумерація зовнішніх проводок повинна бути наскрізною в межах документа.


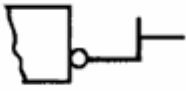
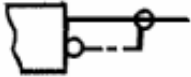
При виконанні схем на декількох листах або окремими документами кабелі, проводи, джгути проводів, труби, які повинні переходити з одного листа на інший, обривають. В місці обриву вказують позначення цієї проводки (номер кабелю, проводу, труби) і в дужках номер аркуша або позначення документа. На наступному аркуші або документі показують продовження проводки із посиланням на попередній і (або) наступний аркуш або документ.

Обриви зовнішніх проводок в межах одного аркушу або документу (без переходу на інші аркуші або документи) закінчують стрілками.

Захисне заземлення та занулення систем автоматизації показують на схемах з'єднань із застосуванням графічних умовних позначень відповідно до таблиці 5.4.

Жилам кабелів і проводів, що використовуються як нульові захисні провідники, присвоюють цифрове позначення з доданням літери "N", наприклад: 801N.

Таблиця 5.4 – Графічні умовні позначення заземлення та занулення

Найменування	Позначення
Захисний провідник, що приєднується до корпусу електрообладнання	
Жила кабелю або проводу, що використовується як нульовий захисний провідник і приєднується до корпусу електрообладнання	
Захисний провідник електрообладнання, що приєднується до броні, оболонки кабелю або захисної труби	

Примітка. Коло в умовних графічних позначеннях слід приймати діаметром 2 мм. Кола, що зображують біля корпусів електрообладнання, повинні бути зарисовані.

5.8. Перелік елементів і технічні вимоги в схемах зовнішніх провідок

У перелік елементів, що виконується за ГОСТ 2.701, включають:

- а) запірну арматуру;
- б) з'єднувальні та протяжні коробки;
- в) кабелі, проводи, пневмокабелі;
- г) труби, металорукави;

д) матеріали для захисного заземлення та занулення обладнання і проводок (сталева полоса, нульові захисні провідники і вузли приєднання їх до обладнання).

Короба в перелік елементів не включають, про що в технічних вимогах схеми повинен бути виконаний відповідний запис.

Графу "Поз. позначення" не заповнюють.

Приклад заповнення переліку елементів наведено на табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Перелік елементів до рис. 5.5 – 5.7

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
	Коробка протяжна ПК 200x90 У2	1	
	ТУ 36.19.802-85		
	Коробка з'єднувальна КС 10 У2	1	
	ТУ 36-2568-83		
	Кабелі КВВГ ГОСТ 1508-78		
	4x1	15	м
	5x1	20	м
	7x1	15	м
	Кабель КРВБГ 5x1 ГОСТ 1508-78	50	м
	Провід ПТВ 2x2,5ХК	20	м
	ГОСТ 24.335-80		
	Провід ПВ3 1x1 ГОСТ 6323-79	20	м
	Труби електрозварні		
	ГОСТ 10704-76		
	20x1,6	10	м
	32x2	10	м
	Металорукав РЗ-Ц-Х-20		
	ТУ 22-3988-77		
	Провідник П-1	6	
	ТУ 36-1276-85		

Технічні вимоги до схеми у загальному випадку повинні мати:

- а) посилання на схеми автоматизації, на яких вказані позиційні позначення приладів;
- б) пояснення щодо нумерації кабелів, проводів, труб, коробів (при необхідності);
- в) вказівки щодо захисного заземлення та занулення електроустановок.

Наприклад:

1. Позицій приладів та електроапаратури вказані відповідно до 3400-1-206-А...

2. Для прокладання проводів в коробі система маркування прийнята зустрічна адресна. Адресою слугують номери труб або джгутів, що виходять з короба. Зустрічна адреса вказана в розриві ліній або поряд із маркуванням жил.

3. Вказана апаратура передбачається та монтується за проектом ...

4. У перелік елементів не включено короба сталеві, які передбачені у специфікації креслення розташування обладнання і проводок.

5. Монтаж захисного заземлення та занулення виконують згідно інструкції з монтажу занулення і захисного заземлення ТИ 4.25088.17000 «Монтаж систем автоматизації. Производство работ. Монтаж зануления и защитного заземления».

6. Довжини кабелів подані із урахуванням 6% надбавки на вигини, повороти та відходи відповідно листа Госсроя СРСР від 17.12.1979р. №89–Д «О сокращении норм расходования кабельной продукции».

5.9. Правила виконання схем підключення зовнішніх проводок

Схеми підключення повинні містити зображення технічних засобів із пристроями вводу і підключення проводок, та підключені до цих пристроїв проводки.

На схемі підключення у загальному випадку показують підключення проводок до групових установок позащитових приладів, з'єднувальних коробок, щитів (включаючи клемні), пультів, комплексів, їх складових частин. При складних підключеннях до одиночних позащитових приладів, електроапаратів та інших технічних засобів (наприклад, для окремих типів газоаналізаторів та концентратомірів, пускачів, кнопкових постів керування) їх також показують на схемі підключення.

На схемі підключення наводять та наносять:

- а) зображення пристроїв, до яких підключають проводки (як на схемах з'єднань зовнішніх проводок): прилади, електричні та пневматичні з'єднувальні коробки, щити, комплекси;
- б) підключення до них жил кабелів, проводів і труб та їх позначення (відповідно до принципів електричних схем);
- в) відрізки кабелів, труб відповідно до схеми з'єднань.

Схему підключень допускається не виконувати, якщо ці підключення показані на схемі з'єднань зовнішніх проводок.

5.10. Електричні з'єднувальні коробки

Підключення зовнішніх провідок до щитів, комплексів (з'єднувальним коробкам) зображають наступним чином:

- а) у прямокутнику зображають блоки затискачів, перебіркові з'єднувачі і підключення до них жил кабелів, провідів і труб із відповідними позначеннями;
- б) на вільному полі прямокутника наносять найменування щита (коробки) та позначення таблиці підключення;
- в) в місцях вводу кабелів (при необхідності) зображають сальники за ГОСТ 2.702.

У відповідності зі схемою з'єднань показують відрізки кабелів, труб із присвоєними їм на схемі з'єднань номерами.

Протилежні підключенню відрізки кабелів, труб закінчують фігурною дужкою і дають посилання на позначення і (або) номер аркуша основного комплекту, на якому наведена схема з'єднань (див. рис. 5.11).

5.11. Щити

Приклад зображення підключення зовнішніх провідок до одиничного односекційного щита наведений на рис. 5.11.

Для багатосекційних і складених щитів кожен секцію або щит зображують окремим прямокутником.

При нанесенні найменування щита додають номер секції або складеного щита і позначення таблиці підключення даної секції або даного щита.

Зображення блоків затискачів, рознімачів, з'єднувачів, підключення до них, а також зображення приладів, підключення до яких не допускають розриву зовнішніх провідок на затискачах, виконують у відповідності пп. 5.4.

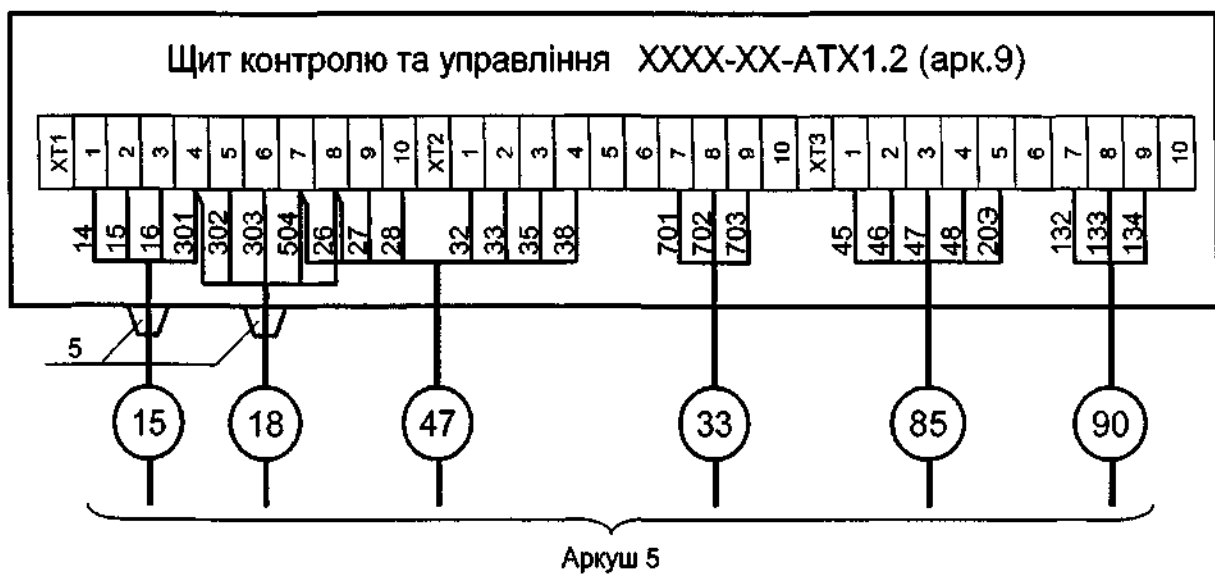


Рис. 5.11 – Схема підключень зовнішніх провідок

Технічні вимоги розміщують на першому аркуші схеми у відповідності із вказівками РМ4-59.

Технічні вимоги в загальному випадку повинні містити:

- 1) посилання на електричні (пневматичні) принципові схеми, на підставі яких виконана схема;
- 2) пояснення про застосовність схеми (при необхідності).

5.12. Таблиця з'єднань зовнішніх проводок

Таблиці з'єднань і підключення виконують на підставі ти самих документів, що і при виконанні схем графічним методом.

Таблицю з'єднань виконують за формою 4 (рис. 5.14) на аркуші формату А3. На першому аркуші таблиці наводять перелік елементів та технічні вимоги. В таблицю спочатку записують електричні проводки, потім, з нового аркушу - трубні. З'єднання зовнішніх проводок записують за зростанням їх номерів.

У графі таблиці з'єднань вказують:

- у графі "Кабель, джгут, труба" - номер електричної або трубної проводки;

- у графі "Напрямок" - найменування або позначення технічних засобів автоматизації, від яких (звідки) і до яких (куди) спрямована дана з'єднувальна проводка;

- у графі "Напрямок за кресленнями розташування" - адресу прокладання зовнішніх проводок;

- у графі "Вимірювальний ланцюг" ставлять "плюс" - тільки для вимірювальних ланцюгів;

- у графі "Креслення установки" - позначення креслення установок приладів засобів автоматизації, що вказані у підзаголовку "Звідки" графі "Напрямок".

Інші графі заповнюють відповідно до їх найменувань. При цьому у графі "Кабель, провід" не вказують фактичну довжину, а у графі "Труба" додатково вказують товщину стінок труб, в тому числі захисних, для пневмокабелю – його марку та кількість труб.

Умовно прийнято, що з'єднувальна проводка має напрямок від первинних приладів, що безпосередньо розташовані на технологічному

обладнанні і комунікаціях до позашитових приладів, груповим установкам приладів, з'єднувальним і протяжним коробкам і, далі, від них направляється до кінцеві адреси, тобто до щитів, комплексів.

При необхідності вказати захисне занулення електрообладнання його наносять графічним умовним позначенням за ГОСТ 2.721 в залежності від прийнятого способу занулення і заземлення: при виборі в якості нульового забороненого провідника вільної жили кабелю позначення вноситься в графі "Звідки" і "Куди", при використанні в якості нульового захисного провідника штабової сталі, що приєднується до магістралі занулення і заземлення об'єкта, позначення вноситься тільки в графу "Звідки".

Для електропроводок, що виконані джгутами проводів в захисних трубах, в графі "Куди" додатково вказують в дужках позначення протяжних коробок, через які проходить джгут проводів;

Для імпульсних трубних проводок в графі для труб "Марка, діаметр" додатково приводять в дужках категорію трубної проводки у відповідності із вимогами додатку 2 СНиП 3.05.07 и СН 527. При цьому підзаголовок графі доповнюють словом "категорія".

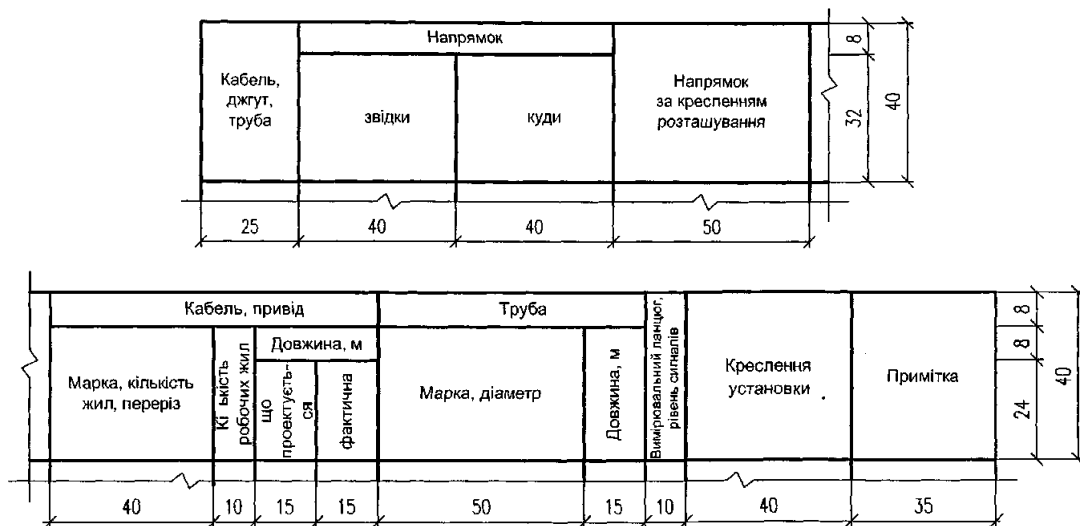


Рис. 5.14 – Форма таблиці з'єднань зовнішніх проводок

Кабель, джгут, труба	Напрямок		Напрямок за кресленням розташування	Кабель, провід			Труба		Вимірю- вальний ланцюг	Креслення устано- влення
	звідки	куди		Марка, кількість жил, переріз	Довжина, м		Марка, діаметр	Довжина, м		
					що проекту- ється	фактична				
1	31	ЩКК		КВВГ 5x1	5				+	ТМ...
2	45б	ЩКК		КВВГ 5x1	8				+	ТМ...
3	5а	ЩКК		КВВГ 5x1	6				+	ТМ...
4	до 801	ЩКК		АКВВГ 4x2,5	15					
015	до 3	31					14x2	8		ТМ...
016	45а	45б					14x2	10		ТМ...
017	45а	45б					14x2	10		ТМ...
018	до 4	5а					14x2	10		ТМ...
019	45д	ЩКК					ПВД 8x1,6	15		ТМ...
020	45д	ЩКК					ПВД 8x1,6	15		ТМ...
01	Колектор стиснутого повітря	ЩКК					Ц-15x28	10		

Рис. 5.15 – Приклад заповнення таблиці з'єднань зовнішніх провідок до схеми на рис. 5.7

5.13. Таблиця підключення зовнішніх проводок

Таблиця підключення зовнішніх проводок повинна мати:

- 1) технічні вимоги;
- 2) таблицю.

Таблицю підключення виконують за формою (рис. 5.16) – за розділами, що відповідають найменуванням технічних засобів (наприклад, щити, пульти, з'єднувальні коробки). Їх найменування записують у таблицю у вигляді заголовка та підкреслюють його.

Таблицю підключення виконують на аркушах формату А4.

На першому аркуші таблиці зверху наводять технічні вимоги. У таблицю записують спочатку електричні проводки, потім (з нового аркуша) трубні.

У таблиці між записами різних пристроїв рекомендується залишати вільні рядки.

The diagram shows a table with six columns and one row. The columns are labeled: 'Кабель, джгут', 'Провідник', 'Виведення', 'Провідник', 'Виведення', and 'Адреса зв'язку'. Below the table, dimensions are indicated: the first column is 20 units wide, the second is 35, the third is 35, the fourth is 35, the fifth is 35, and the sixth is 25. A total dimension of 185 is shown for the first five columns. The height of the table is indicated as 12 units.

Кабель, джгут	Провідник	Виведення	Провідник	Виведення	Адреса зв'язку
20	35	35	35	35	25

Рис. 5.16 – Форма таблиці підключень зовнішніх проводок

У графах таблиці підключення вказують:

- у графі "Кабель, джгут" - номер кабелю, джгута проводів, проводу, пневмокабелю, що підключається до пристрою, який вказаний у заголовку;

- у графі "Провідник" - позначення жил кабелів, проводів, пневмокабелів. Якщо два провідника підключають до одного виведення (затискача), поряд з позначеннями провідника ставлять "зірочку";

- у графі "Виведення" - позначення виведення та номер затискача (збірки перебіркових з'єднувачів та номер з'єднувача), тобто місце підключення жил кабелю (труб) у даному пристрої. При наявності на щитах приладів, проводки до яких не допускають розриву на затискачах щита (компенсаційних, коаксіальних і інших спеціальних проводів і кабелів), в графі "Виведення" вказують позицію приладу за схемою автоматизації, номер клемника, позначення контакту.

Таблиці підключення виконують із розбиттям за пристроями, найменування яких виносять у заголовок та підкреслюють. Пристрої записують у таблицю в такому порядку: клемні поля КОП та КПД; місцеві щити; з'єднувальні коробки; стійки та комплекси, групові установки приладів, утеплені шафи; позащитові прилади; прилади, що встановлено на технологічному обладнанні і трубопроводах.

В графах таблиць підключення спочатку записують електричні проводки, потім, починаючи з нового аркуша – трубні.

Примітка. З метою більш раціонального розміщення тексту в графах форми таблиці підключення, графи "Провідник" и "Виведення" в ній повторюється двічі. Для електричних кабелів, джгутів проводів і пневмокабелів запис жил і труб, які входять до них, що йдуть в одному напрямку і мають однакову адресу зв'язку, здійснюють послідовно в лівих і правих графах.

Кабель, джгут	Провідник	Виведення	Провідник	Виведення	Адреса зв'язку
<u>Щит контролю та керування (ЩКК)</u>					
1	401	ХТ1:1	402	ХТ1:2	31
	403	ХТ1:3	404	ХТ1:4	
2	405	ХТ1:5	406	ХТ1:6	45Б
	407	ХТ1:7	408	ХТ1:8	
3	409	ХТ2:1	410	ХТ2:2	5а
	411	ХТ2:3	412	ХТ2:4	
4	420	ХТ2:5	421	ХТ2:6	до 801
(С-16)					
<u>ЩКК</u>					
	019	П1:1	020	П1:2	45Д
	01	П1:3			Від
					колектору
					стисненого
					повітря

Рис. 5.17 – Приклад заповнення таблиці підключень зовнішніх проводок до схеми на рис. 5.7

5.14. Креслення розташування обладнання та зовнішніх проводок і засобів автоматизації

На кресленнях розташування (планах, розрізах, фрагментах, вузлах) обладнання та зовнішніх проводок систем автоматизації (далі – креслення розташування) у загальному випадку показують та наводять:

- 1) контури будинків (споруд) з розташуванням технологічного обладнання і комунікацій;
- 2) технічні засоби автоматизації;

3) потоки проводок, одиночні електричні і трубні проводки, несучі та опорні конструкції для їх прокладання;

4) проходи проводок крізь стіни та перекриття;

5) специфікацію до креслень розташування за формою 7 ГОСТ 21.101.

Кресленнях розташування виконують на основі:

1) архітектурно-будівельних креслень об'єкту, цеху, промплощадки;

2) креслень з розміщенням технологічного і інженерного обладнання і основних технологічних комунікацій із відбірними та приймальними пристроями, закладними та приварними конструкціями і деталями, тунелями, каналами, естакадами, блоками комунікацій, прорізами і т. п. пристроями для монтажу обладнання і засобів автоматизації;

3) схем автоматизації;

4) схем або таблиць з'єднань зовнішніх проводок;

5) креслень загальних видів щитів, монтажні креслення установки приладів і т. п.

За відсутністю типових креслень у складі основного комплекту виконують креслення устанавлення приладів, щитів, пультів, кріплення електричних і трубних проводок (далі – креслення устанавлень) як при їх окремому монтажу, так і при їх складанні у блоки систем автоматизації (блоки СА).

На кресленнях устанавлень в загальному випадку показують:

1) спрощене зображення несучої конструкції та розташовані на ній прилади, рамки для надписів (при необхідності);

2) підключення до приладів зовнішніх проводок;

3) розміри між осями приладів;

4) специфікацію ДСТУ Б А.2.4-4;

4) таблицю надписів для рамок.

5.15. Креслення установлень засобів автоматизації

При відсутності типових креслень у складі основного комплекту виконують креслення установлення приладів, щитів, пультів, кріплення електричних і трубних проводок (далі – креслення установлень) як при їх окремому монтажу, так і при їх складанні у блоки систем автоматизації (блоки СА).

На кресленнях установлень в загальному випадку показують:

- 1) спрощене зображення несучої конструкції та розташовані на ній прилади, рамки для надписів (при необхідності);
- 2) підключення до приладів зовнішніх проводок;
- 3) розміри між осями приладів;
- 4) специфікацію за формою 7 ДСТУ Б А.2.4-4;
- 5) таблицю надписів для рамок за формою 6.

5.16. Випробування і здача трубних проводок в експлуатацію

Перед здачею в експлуатацію трубна проводка повинна бути випробувана на міцність і щільність. Перед випробуваннями проводять огляд труб, перевіряють вентиля, переходи і т. п. Після цього продувають труби, видаляють частинки пилу, грязі і т. п. Потім трубну проводку приєднують до компресора і з'єднують з манометром, за яким визначають щільність. Пробний тиск повинен бути: при робочих тисках вище 5 кгс/см^3 – $1,25 P_{кр}$, але не менше 3 кгс/см^2 . При гідравлічних випробуваннях робочим середовищем є вода. Якщо $t < -5^\circ\text{C}$, то застосовують хлористий кальцій або масло індустріальне. Після закінчення випробувань складають акт з відповідними підписами.

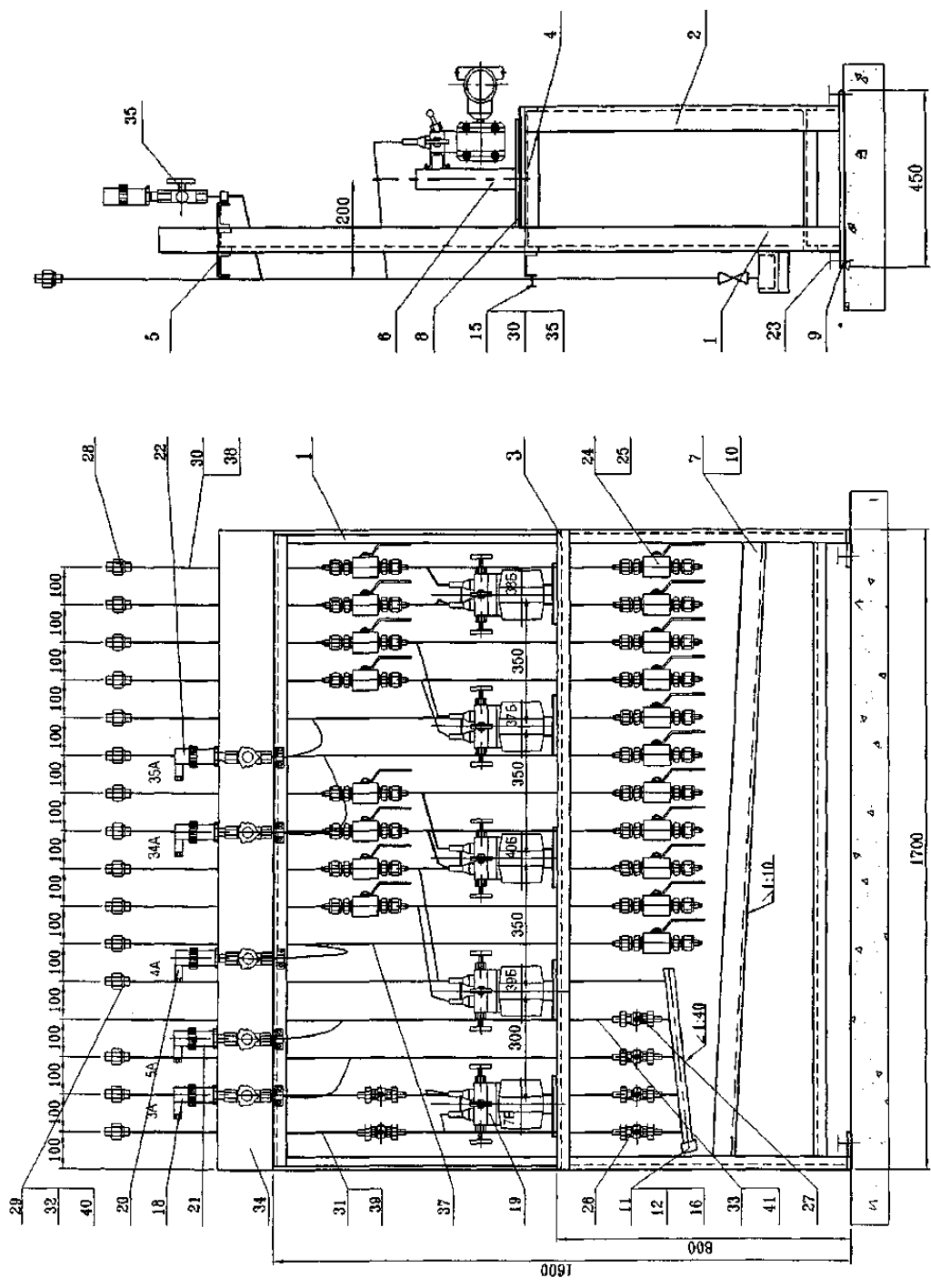


Рис. 5.18 — Приклад виконання креслення установки

6. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ AUTOCAD

6.1. Основні визначення

Прогрес науки і техніки, потреби суспільства в нових промислових виробках обумовлюють необхідність прискорення виконання проектних робіт. Вимоги до якості проекту, до термінів їх виконання стають усе більш жорсткими у міру збільшення складності проєктованих об'єктів. Крім того, темпи морального старіння виробу сьогодні такі, що поставлені врешті-решт на конвеєр нові зразки часто вже не відповідають сучасним вимогам. Практична реалізація цих вимог робить необхідною модернізацію проектно-технологічних і виробничих процесів як в рамках окремих підприємств, так і в умовах розширеного підприємства, об'єднуючого всіх постачальників, співвиконавців і учасників проектування і виробництва продукції.

Здійснення цих вимог стало можливим на основі широкого використання засобів обчислювальної техніки на всіх етапах виробництва. Все це обумовлює впровадження інтегрованих інформаційних технологій на базі використання сучасних засобів обчислювальної техніки та мережових рішень. Серед інформаційних технологій автоматизація проектування займає особливе місце.

По-перше, автоматизація проектування – синтетична дисципліна, її складовими частинами є багато сучасних інформаційних технологій. Наприклад, технічне забезпечення систем автоматизованого проектування (САПР) базується на використанні обчислювальних мереж і телекомунікаційних технологій, в САПР використовуються персональні

комп'ютери і робочі станції, програмні комплекси САПР належать до найбільш складних сучасних програмних систем, заснованих на операційних систем UNIX, Windows NT, мовах програмування, CASE-технологіях, реляційних і ОО-СУБД, стандартах відкритих систем і стандартах обміну даними в комп'ютерних середовищах.

По-друге, підприємство, що веде розробки без САПР або з малою мірою їх використання, виявляється неконкурентоздатним в наслідок як великих матеріальних і часових витрат на проектування, так і в наслідок невисокої якості проектів.

Таким чином, до найбільш ефективних технологій, які зараз функціонують найбільш суттєвий вигравш в часі, належить системам автоматизованого проектування (CAD), інженерного аналізу (CAE) та технологічної підготовки виробництва (CAM).

6.2.Словник термінів

CAD – computer aided design – системи автоматизованого проектування. Загальний термін для позначення всіх аспектів проектування з використанням засобів обчислювальної техніки. Як правило охоплює створення геометричних моделей виробу, а також генерацію креслень виробу та їх супроводження.

На даний час терміном САПР позначають процес проектування з використанням складних засобів машинної графіки, які підтримуються пакетами програмних засобів для розв'язання на комп'ютерах аналітичних, кваліфікаційних, економічних та ергономічних проблем, пов'язаних з проектною діяльністю.

CAE – computer aided engineering – системи автоматизованого

аналізу проекту. Загальний термін для позначення інформаційного забезпечення автоматизованого аналізу проекту, що має на меті виявлення помилок (розрахунки на міцність, колізії, кінематика, динаміка і тому подібне) або оптимізацію виробничих можливостей.

CAM – computer aided manufacturing – системи автоматизованої підготовки виробництва. Загальний термін для позначення програмних систем підготовки інформації для верстатів з ЧПУ (числове програмне управління). Традиційно вихідними даними для таких систем є геометричні моделі, що отримуються з систем CAD.

Об'єктно-орієнтований підхід до проектування, використовуваний при розробці інформаційних систем і, перш за все їх програмне забезпечення (ПЗ), має наступні переваги у вирішенні проблем управління складністю і інтеграції ПЗ:

1. Вносить до моделей застосовань (згідно рекомендацій Термінологічної комісії Держспоживстандарту українським відповідником англійського комп'ютерного терміна *application* (рос. **приложение**) є **застосовання** або **застосунок**) велику структурну визначеність, розподіляючи подані в застосованнях дані і процедури між класами об'єктів.

2. Скорочує об'єм специфікацій завдяки введенню в опис ієрархії об'єктів і стосунків спадкоємства між властивостями об'єктів різних рівнів ієрархії.

3. Зменшує імовірність викривлення даних внаслідок помилкових дій за рахунок обмеження доступу до певних категорій даних в об'єктах.

6.3.Рівні розвитку САПР

Абревіатуру САПР ввів Айвен Сазерленд на початку 60-х років. Виникнення перших САПР відноситься до кінця 50-х початку 60-х років минулого століття. У цей період вперше стали використовувати дисплей як електронний кульман, були створені програми для вирішення завдань будівельної механіки, аналізу електронних схем, проектування друкарських плат. Подальший розвиток САПР йшов шляхом створення апаратних і програмних засобів машинної графіки, підвищення обчислювальної ефективності програм, моделювання і аналізу, спрощення користувацького інтерфейсу, впровадження в САПР елементів штучного інтелекту. Історію розвитку САПР можна досить умовний розбити на 3 десятиліття:

1) у 70-х роках були отримані окремі результати, які показали, що область проектування піддається комп'ютеризації. Відповідно до віянь 60-70-х років основна увага приділялася проблемам систем автоматизованого креслення;

2) у 80-х роках на передній план вийшло використання мікрокомп'ютерів, з'явилися масові системи і базові програмні продукти для них, і САПР та креслення стали доступні навіть малим фірмам. В цей час на передній план також вийшло твердотіле моделювання, оскільки багато користувачів систем автоматизованого проектування і креслення прийшли до висновку, що двовимірні системи надто обмежені для інтегрованих систем;

3) 90-і роки – це період зрілості, коли САД-системи стали демонструвати свою ефективність у високотехнологічних виробництвах. У

нинішньому десятилітті найактуальнішими стали питання, пов'язані з інтеграцією різних можливостей, дозволяючи звіткою мова про автоматизацію не окремих елементів, а всього процесу проектування, конструювання і виробництва. Надзвичайно актуальними зараз є методи відкату назад, що дозволяють відновлювати коректний проект, не дивлячись на допущені помилки, що відбуваються як через власні неадекватні дії, так і через некоректні проектні дані або алгоритмічні збої. Найактуальнішою проблемою на сьогодні є завдання, пов'язане з надійністю і стійкістю, які лежать в основі багатьох функцій базисних геометричних алгоритмів.

6.4. Переваги САПР

1. Швидше виконання креслень. При переході на електронну роботу швидкість збільшується у 3–3,5 рази.
2. Підвищення точності креслень.
3. Підвищення якості виконання креслень.
4. Можливість багаторазового використання креслення.
5. Спеціальні креслярські засоби, наприклад zoom. Можливість створення сплайнів, сполучень і ін.
6. Прискорення розрахунків при проектуванні за рахунок вживання різного ПЗ.
7. Скорочення витрат на удосконалення.

6.5.Класифікація САПР

Класифікацію САПР здійснюють за рядом ознак, наприклад, за застосуванням, за цільовим призначенням, за масштабами, за характером базової підсистеми, тобто ядра САПР. За застосуванням, тобто сферою застосування найбільш показними і широко використовуваними є наступні групи САПР:

- 1) САПР для застосування в галузях загального машинобудування – машинобудівні САПР або системи Mcad (Mechanical);
- 2) САПР для електроніки – так звані системи ECAD (Electronic); EDA (Electronic Design Automation);
- 3) САПР в галузі архітектури і будівництва;
- 4) САПР для авіа- і літакобудування;
- 5) САПР для суднобудування;
- 6) САПР проектування систем управління в різних галузях виробництва, зокрема в хімії та нафтохімії.

За цільовим призначенням розрізняють САПР або підсистеми САПР, що забезпечують різні аспекти проектування.

За характером базової підсистеми розрізняють наступні різновиди САПР:

1. САПР на основі або базі підсистеми машинної графіки і геометричного моделювання. Ці САПР орієнтовані на застосування, де основною процедурою проектування є конструювання, тобто визначення просторових форм і взаємного розташування об'єктів. До цієї групи відноситься більшість САПР в машинобудуванні, побудованих на основі графічних ядер, причому в даний час широко використовують уніфіковані

графічні ядра, вживані більш ніж в одній САПР. Наприклад, Parasolid (EDS Unigraphics), ACIS (Intergraph).

Другий різновид – САПР на базі СУБД. Орієнтовані на напрямки використання, в яких при порівняно нескладних математичних розрахунках переробляється великий об'єм даних, наприклад, в техніко-економічних напрямки для проектуванні бізнес-планів, для проектуванні об'єктів, подібних до розрахунків управління в системах автоматичної.

Третій різновид – САПР на базі конкретного прикладного пакету. Фактично, це автономно використовувані програмно-методичні комплекси, наприклад, імітаційного моделювання виробничих процесів, розрахунків міцності за методом кінцевих елементів, синтезу і аналізу систем автоматичного управління. Наприклад, програма логічного проектування на базі мови VHDL, математичні пакети типа MATHCAD.

Четверте – комплексні або інтегровані САПР, такі, що складаються з сукупності підсистем попередніх типів. Для управління такими складними системами застосовуються спеціальні системні середовища.

6.6.Класифікація ПЗ на ринку CAD/CAM/CAE-систем.

В даний час на цьому ринку є великий спектр програмних систем, що займають певні ринкові ніші, як за вартістю, так і за функціональністю і ступенем охоплення проектно-технологічної і виробничої сфери підприємства. Тут виділяють 3 класи, що склалися історично і відображають концептуальну сутність цих систем:

- 1) креслярсько-орієнтовані системи (до \$1000);
- 2) системи середнього рівня (до \$8000);
- 3) важкий або інтегрований САПР (системи високого рівня).

6.7.Етапи життєвого циклу промислових виробів (ЖЦВ), роль САПР/АТПП у виробничому циклі та їх місце серед інших автоматизованих систем

Сукупність видів діяльності та функцій, необхідних для здійснення проекту і виготовлення виробів, називається виробничим циклом. Поведінка цього циклу визначається замовниками виробів і потребами ринку збуту. Виробничий цикл може активізуватися різними шляхами залежно від особливостей цієї або іншої групи замовників / споживачів. В одних випадках функції проектування виконує сам замовник, а виготовлення виробу – стороння фірма, в інших – і проектування, і виробництво виконує одна і та ж фірма. Проте, як би це не відбувалося, виробничий цикл завжди починається з вироблення концепції нового виробу.

Спочатку концепція нового виробу опрацьовується, потім в деталях уточнюється, аналізується, потім удосконалюється і після конструктивної розробки втілюється в план випуску нового виробу. Цей план підкріплюється документацією у вигляді набору конструктивних креслень, що показують, як повинен виготовлятися виріб, і сукупністю технічних описів, специфікацій, що відтворюють принципи функціонування виробу. Цим завершується діяльність з проектування, якщо не рахувати модернізацію конструкції впродовж всього життєвого циклу.

Наступним видом діяльності стає виготовлення виробу, який починається із складання плану, що визначає послідовність операцій, необхідних для виготовлення виробу. Інколи на цьому етапі можуть бути потрібними додаткові виробничі потужності, нове устаткування, інструмент та оснащення.

На етапі складання графіка виробництва вибирається план,

відповідно до якого фірма фактично переймає на себе зобов'язання випустити певну кількість виробів в конкретні терміни. Після того, як сформовані план і графіки з усіх виробів, вони запускаються у виробництво і потім проходять через операції контролю якості і відвантаження замовникові.

Таким чином, життєвий цикл промислових виробів можна розбити на наступні етапи:

1. Концептуальне проектування
2. Інженерний аналіз
3. Детальне проектування
4. Документування
5. Технологічна підготовка виробництва
6. Виробництво
7. Супровід
8. Утилізація

Досягнення поставлених цілей з випуску продукції на сучасних підприємствах, що випускають складні промислові вироби, виявляється неможливим без широкого використання автоматизованих систем, заснованих на використанні комп'ютерів призначених для створення, переробки та використання всієї необхідної інформації про властивості виробів і супроводжуючі процеси. Специфіка завдань, що вирішуються на різних етапах життєвого циклу виробів, обумовлює різноманітність вживаних автоматизованих систем. Автоматизація проектування здійснюється САПР, в яких виділяють системи конструкторського проектування, тобто CAD, системах розрахунку і інженерного аналізу CAE, технологічного проектування CAM, причому функції координації роботи систем CAD/CAE/CAM, управління проектними даними і самим

процесом проектування покладені на систему управління проектними даними, так звану систему PDM.

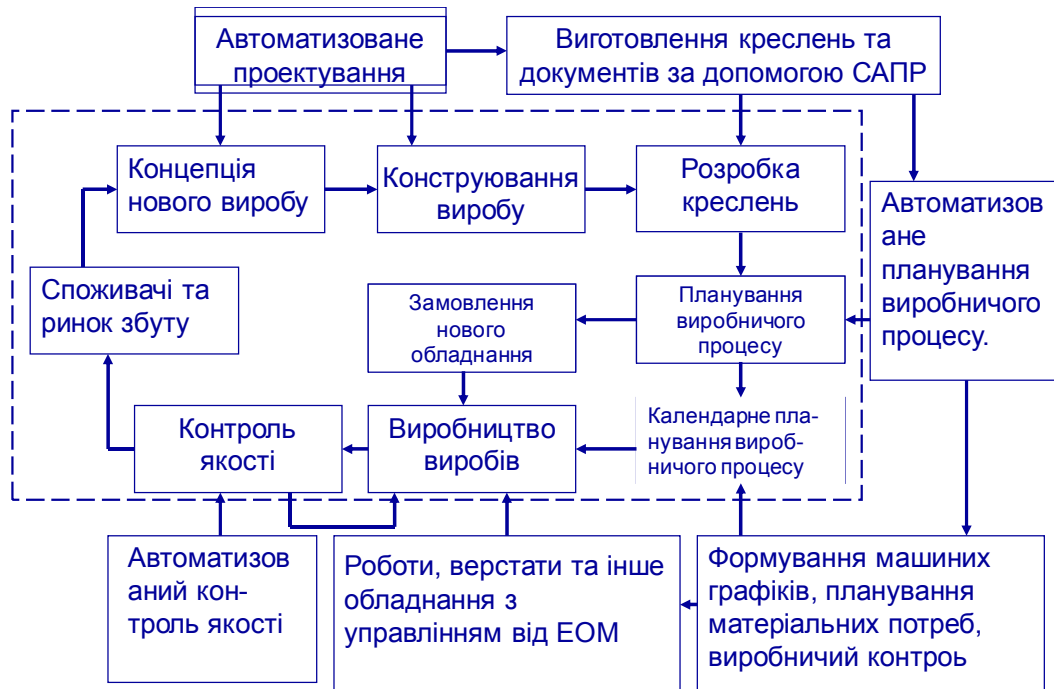


Рис. 6.1 – Життєвий цикл виробу

Вже на стадії проектування потрібні послуги системи управління ланцюжками постачань, так звані SCM (Supply Chain Management) або CSM (Component Supply Management). На етапі виробництва ця система управляє постачаннями необхідних матеріалів і комплектуючих.

Інформаційна підтримка етапу виробництва продукції здійснюється автоматизованими системами управління виробництва (АСУП) і автоматизовані систему управління технологічними процесами (АСУТП). До АСУП відносяться системи планування і управління підприємством, так звані ERP-системи, і системи планування виробництва і потреб у матеріалах та потужностях (системи MRP-II), а також виробничо-виконавча система MES, система управління ланцюгами постачань SCM і система управління відносинами із замовниками (CRM).

Найбільш розвинені системи ERP, наприклад, R3, BAAN-IV, Oracle application, J.D.Edwards, Галактика, виконують різні бізнес-функції, пов'язані з плануванням виробництва, закупівлями, збутом продукції, аналізом перспектив маркетингу, управлінням фінансами, персоналом, складським господарством, обліком основних фондів і т. д.

Системи MRP–II орієнтовані головним чином на бізнес-функції, безпосередньо пов'язані з виробництвом, а системи MES – на вирішення оперативних завдань управління проектуванням, виробництвом і маркетингом.

На етапі реалізації продукції виконуються функції управління відносинами із замовниками і покупцями, проводиться аналіз ринкової ситуації, визначаються перспективи попиту на плановані вироби. Ці функції здійснює система CRM. Маркетингові завдання інколи покладають на систему S&SM, яка, крім того, використовується для вирішення проблем обслуговування виробів.

На етапі експлуатації застосовують спеціалізовані комп'ютерні системи, зайняті питаннями ремонту, контролю, діагностики систем що експлуатуються.

АСУТП контролюють і використовують дані, що характеризують стан технологічного устаткування і хід технологічних процесів, тому їх часто називають системами промислової автоматизації. Для виконання диспетчерських функцій, наприклад, збору та обробки даних про стан устаткування і технологічні процеси, а також розробки ПЗ для вбудованого устаткування до складу АСУТП вводять систему супервізорного керування та збору даних (SCADA).

Основу концепції SCADA складає автоматизована розробка систем управління, диспетчерське управління і збір даних, що дозволяє скоротити терміни розробки проектів з автоматизації і зменшити прямі фінансові

витрати на їх розробку. Серед програмних засобів, що відносяться до SCADA, найбільшого поширення набули InTouch, Citect, Fix, Genesis, Sitex, САРГОН, КРУГ.

Безпосереднє програмне управління технологічним устаткуванням здійснюється за допомогою систем CNC (Computer Numerical Control) на базі контролерів, тобто спеціалізованих комп'ютерів, які зв'язані з технологічним устаткуванням.

Останнім часом зусилля багатьох компаній, що впроваджують програмно-апаратні засоби автоматизованих систем, направлені на створення систем електронного бізнесу e-commerce. Завдання, що вирішуються цими системами, зводяться не лише до організації на сайтах інтернет-вітрин товарів і послуг, вони об'єднують в єдиному інформаційному просторі запити замовників і дані про можливості організацій, що спеціалізуються на наданні різних послуг і виконанні тих або інших процедур і операцій з проектування, виготовлення, постачання поставлених виробів. Такі системи e-commerce називають системами управління даними в інтегрованому інформаційному просторі (CPC або PLM). Характерна особливість систем CPC – забезпечення взаємодії багатьох підприємств.

Співставимо 8 етапів (див. раніше) і відповідні системи:

1. Концептуальне проектування – CAD
2. Інженерний аналіз – CAE
3. Детальне проектування – CAD, SCM, MES
4. Документування – CAD
5. Технологічна підготовка виробництва – CAM
6. Виробництво – CAM, MES, ERP/MRP-II, SCADA, CNC
7. Супровід – CRM, S&SM
8. Утилізація – CPC

На всіх етапах з 1 до 8 інформаційна підтримка здійснюється або системами PDM, або СРС.

6.8.Класифікація мов програмування. Мова Лісп

Розробка програмного забезпечення для комп'ютерів в даний час проводиться майже виключно за допомогою мов програмування високого рівня. Дані мови є системою мнемонічних позначень з жорстко заданим синтаксисом та семантикою, які зрозумілі людині і перетворюються в послідовність машинних команд за допомогою спеціальної програми-транслятора. Існує безліч класифікацій мов програмування. Розглянемо класифікацію за стилем програмування.

Стиль – сукупність правил, які лежать в основі синтаксису і семантики мови програмування. Розрізняють наступні стилі:

- 1) неструктурний;
- 2) структурний;
- 3) логічний;
- 4) об'єктно-орієнтований;
- 5) функціональний.

Неструктурне програмування допускає використання в явному вигляді команди безумовного переходу (у більшості мов GOTO). Типові представники неструктурних мов – ранні версії Бейсика і Фортрану. Даний стиль викликаний особливостями виконання машиною програми в кодах і успадкований від програм на мові асемблера, оскільки там команда переходу є обов'язковою. Проте в мовах високого рівня наявність команди переходу спричиняє за собою масу серйозних недоліків: програма перетворюється на “спагетті” з безконечними переходами вгору-вниз, її

дуже важко супроводжувати і модифікувати. Фактично не структурний стиль програмування не дозволяє розробляти великі проекти. Раніше первинне вчення програмуванню, що широко практикувалося, на базі не структурної мови (зазвичай Бейсика) наводило до величезних труднощів при переході на сучасніші стилі. Як відзначав відомий голландський учений Е. Дейкстра, “програмісти, спочатку орієнтовані на Бейсик, розумово обдурені без надії на зцілення”.

Структурний стиль був розроблений в середині 60–х початку 70–х років. У його основі лежать дві ідеї:

- 1) завдання розбивається на велику кількість дрібних підзадач, кожна з яких вирішується своєю процедурою або функцією (декомпозиція завдання). При цьому проектування програми йде за принципом зверху вниз: спочатку визначаються необхідні для вирішення програми модулі, їх входи і виходи, а потім вже ці модулі розробляються. Такий підхід разом з локальними іменами змінних дозволяє розробляти проект силами великої кількості програмістів;
- 2) як довів Е. Дейкстра, будь-який алгоритм можна реалізувати, використовуючи лише три конструкції, що управляють: послідовне виконання, галуження і цикл (Рис. 6.2). Дана обставина дозволяє за наявності відповідних операторів виключити з мови команду переходу GOTO.

ДЖОН – БАТЬКО МАЙКА.

Хоча роботи з логічного програмування ведуться з 50-х рр., в даний час даний напрям дещо втратив свою актуальність у зв'язку з відсутністю реальних результатів, оскільки більшість реалізованих на принципах логічного програмування систем виявилися практично непридатними.

Об'єктно-орієнтоване (ОО) програмування, розроблене в середині 70-х рр. Керніганом і Річчі і реалізоване в ОО-версиях мов Сі та Паскаль, є відображення об'єктів реального світу, їх властивостей (атрибутів) і зв'язків між ними за допомогою спеціальних структур даних. Структурне програмування має на увазі наявність ряду вбудованих структур даних: цілих, дійсних та рядкових змінних, масивів, записів – за допомогою яких і проводиться відображення властивостей об'єктів реального світу. При об'єктно-орієнтованому підході для об'єкту створюється своя структура даних (клас), що містить як властивості об'єкту (поля), так і процедури для управління об'єктом (методи).

Наприклад, розглянемо простий об'єкт – точку на екрані. Вона має як мінімум три поля (координати і колір) та методи "ChangeColor" (поміняти колір), "MoveXY" (переміститися в точку (x, y)) і так далі. Об'єктно-орієнтований підхід є в даний час домінуючим і дозволяє скоротити час розробки і збільшити надійність великих проектів. Проте програми в даному стилі відрізняються громіздким синтаксисом; в цілому ідеологія об'єктно-орієнтованого підходу досить неочевидна часто сприймається непросто (особливо це характерно для мови Сі, яка і в своєму первинному вигляді відрізняється вкрай нелегким для читання синтаксисом) і перехід до його використання важкий або неможливий для великого числа програмістів.

У основі функціонального стилю лежить поняття функції як "чорного ящика", що має вектор параметрів (аргументів) на вході і результат r (скаляр) на виході:

$$f() = r \quad (6.1)$$

Допустимий випадок, тобто вектор параметрів відсутній. У функціональних мовах програмування відсутні оператори: всі дії, у тому числі і конструкції, що управляють, виконуються за допомогою викликів функцій. Оскільки кожна функція повертає значення, її можна підставити як аргумент іншої функції, що дозволяє записувати складні вирази у функціональній формі. Однією з перших функціональних мов стала мова Лісп, створений в кінці 50-х рр. як мова штучного інтелекту.

До мов штучного інтелекту (або скорочено: AI – Artificial Intelligence) відносять такі мови, які здатні залежно від набору вихідних даних модифікувати алгоритм роботи, тобто "на ходу" міняти програму (приказка свідчить, що на мовах штучного інтелекту програмують ті, кому не вистачає інтелекту природнього).

Розглянемо мову Лісп, створену американським вченим Джоном Маккарті в 1957 в Массачусетському технологічному університеті. Назва мови офіційно означає LISt Processing, а неофіційно – Lots of Idiotic Silly Parentheses. Лісп відрізняється високою компактністю – ядро інтерпретатора займає 4..10 Кб, функціональним стилем програмування і використанням зворотної польської нотації.

Основне поняття мови Лісп – список.

Список – перелік атомів або списків, відокремлених один від одного пропусками і забраних в дужки.

Як видно з визначення, списки можуть бути вкладеними. А що ж таке атом в Ліспі? Це простий (на відміну від списку) тип даних: число, символьний рядок, функція.

Увага: у Ліспі немає відмінності між текстом програми і оброблюваними нею даними!

У інших мовах (наприклад, в Паскалі) програма (PROCEDURE, FUNCTION) і дані (VAR, CONST) жорстко розділені. У Ліспі ж і дані, і текст програми є списками. Зрозуміло, список, що є програмою, включає атоми-функції, які і викликаються при виконанні програми. Те, що з програмою можна працювати, як з даними, і визначає можливість динамічної модифікації тексту програми, що є властивістю мов штучного інтелекту. Як же відрізнити список-програму від списку-даних?

У Ліспі за умовчанням будь-який список є програмою і інтерпретатор намагатиметься її виконати. Якщо список – не програма, а дані, треба явно відключити його інтерпретацію.

З того, що текст програми – теж список, витікає необхідність використання спеціальної системи його запису – зворотної польської нотації (названа так унаслідок винаходу її польським математиком Яном Лукасевичем). Виклик будь-якої функції в даній нотації записується як список наступного вигляду:

$$(\text{ім'я_функції } a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (6.2)$$

де a_1, a_2, \dots, a_n – аргументи функції.

Наприклад, якщо функція складання двох чисел має ім'я "+", то операція 2+3 запишеться як (+ 2 3). Як аргументи можуть фігурувати інші

функції, що дозволяє записувати скільки завгодно складні формули в зворотній польській нотації.

Нехай дана функція

$$f(x, y) = \left(\frac{2x + 3}{y - 1} \right) (y - x).$$

У зворотному польському записі вона матиме вигляд

$$(* (/ (+ (* 2 x) 3) (- y 1)) (- y x)).$$

Тепер розглянемо конкретну реалізацію мови Лісп – вбудований в САПР AutoCAD інтерпретатор мови AutoLISP (Автолісп). Вибір настільки екзотичної мови у якості вбудованої для настільки популярної САПР викликаний тим, що список – оптимальний спосіб представлення графічної інформації, а також легкістю реалізації і невеликими розмірами інтерпретатора. Проте слід визнати відносно велику трудомісткість розробки програм на Автоліспі. Зате програми на Автоліспі відрізняються надзвичайно високою надійністю.

Почнемо з атомів.

Атом в Автоліспі є аналогом вказівника на динамічну змінну в Паскалі і є посиланням (адресою) елемента пам'яті, починаючи з якого записана та або інша інформація.

Кожен атом має ім'я, яке складається за наступними правилами – використовуються англійські літери, цифри, більшість знаків, що є на клавіатурі, за виключенням ";", "(", ")", ".", " " "; рядкові і заголовні літери не розрізняються; першим символом має бути літера.

Літера T та слово NIL зарезервовані і не повинні використовуватися як ім'я атома. Використання як ім'я атома імені вбудованої функції призведе до втрати працездатності цієї функції та до перезавантаження AutoCAD'a.

Довжина імені формально не обмежена, але для економії пам'яті рекомендується не перевищувати довжину в шість знаків.

Отже, програміст в тексті програми надає атому ім'я, а інтерпретатор Автоліспа сам динамічно виділяє пам'ять під вміст атома і автоматично визначає тип і розмір інформації, що зберігається в атомі (рис. 6.3).

Атом		Динамічна пам'ять	
		Адреса	Вміст
Ім'я	Number	0010:0020	0
Адреса	0010:0020	0010:0021	5
Тип	Ціле число	0010:0022	45
Розмір	2 байта	0010:0023	18

Рис. 6.3 – Зберігання в пам'яті атома з ім'ям Number, що є посиланням на ціле число (в даному випадку 5)

Автолісп підтримує наступні типи даних:

а) ціле число із знаком від -32768 до 32767 або від 0 до 65535 без знаку (2 байти);

б) дійсне число, яке записується через десяткову точку: $10,52$ або в експоненційному форматі: $2,52E-12$;

в) рядок символів завдовжки до 127 знаків, взятий в подвійні лапки. Символ "\" є службовим і, якщо він потрібний в тексті, повинен

подвоюватися: текст "3\2" запишеться як "3\\2". "\" використовується для позначення переведення рядку "\n", повернення каретки "\r" і табуляції "\t";

г) логічний тип, що приймає одне з двох можливих значень: істина (позначається T) або хибність (позначається NIL);

д) посилання на вбудовану функцію мови;

е) посилання на створений програмістом список (програму або дані);

ж) посилання на змінну;

з) посилання на таблицю диспетчера віртуальної пам'яті.

6.9.Присвоювання значень в Автоліспі. Математичні функції.

Робота з інтерпретатором

Особливості організації пам'яті в Автоліспі вимагають чітко розрізнити два поняття: змінна та значення змінної.

Змінна – вказівник на область динамічної пам'яті, що має ім'я.

Значення змінної – дані, записані в динамічній пам'яті починаючи з адреси, записаної в змінній.

Змінити можна як змінну, так і її значення. У першому випадку змінна буде вказувати на іншу ділянку динамічної пам'яті, а в другому – ділянка динамічної пам'яті буде заповнена новим значенням. Для присвоювання значень змінним в Автоліспі є дві функції – SET і SETQ.

Функція SETQ (SET by Quote) міняє значення змінної, а не саму змінну. Аргументами функції є перелік пар "змінна" – "значення". Функція повертає результат останнього присвоювання.

Наприклад, запис (SETQ a 10) поміщає число 10 в область пам'яті, на яку вказує змінна a і одночасно задає тип змінної a, – ціле число. Можна в одній функції присвоїти декілька змінних:

```
(SETQ a 10 b "213").
```

Порядок виконання декількох присвоєнь у функції SETQ визначений зліва направо. Якщо ми напишемо:

```
(SETQ a 10 b (+ a 10))
```

то значенням змінної b стане 20.

Зміна значення змінної на NIL звільняє займану її значенням область пам'яті. (SETQ a NIL) зберігає саму змінну a, але тепер вона вказує "в нікуди" (для її значення пам'яті не виділено).

SETQ – функція присвоювання, що використовується найчастіше. Вона аналогічна за своєю дією оператору присвоювання "!=" в Паскалі, що дозволяє не замислюватися про особливості організації пам'яті в Автоліспі.

Друга функція присвоювання – SET – працює не із значеннями, а із самими змінними, наприклад, запис:

```
(SET a b)
```

примушує змінну a посилатися на ту ж область пам'яті, що і змінна b.

Як записати в значення змінної атом (число, текстовий рядок, ...) зрозуміло. А як бути, якщо в змінну потрібно записати список? Наприклад, є список з даними вигляду: (0.25 "АВВ" 46). Проблема полягає в тому, що, як ми вже знаємо, за умовчанням будь-який список вважається програмою і перший же елемент списку, що стоїть відразу після

відкриваючої дужки, розглядається як ім'я функції. Якщо ми напишемо функцію присвоєння вигляду:

```
(SETQ a (0.25 "АВВ" 46) ,)
```

то інтерпретатор спробує викликати функцію на ім'я "0.25" і аргументами "АВВ" і "46", що приведе до виникнення помилки "Невірне ім'я функції", оскільки функції з ім'ям "0.25" немає і бути не може. Таким чином, необхідно якось сказати Автоліспу: не намагайся виконати цей список, це не програма, а дані. Для цього використовується функція заборони виконання списку QUOTE. Ця функція повертає список, що є її аргументом. У прикладі, що розглядається, потрібно написати

```
(SETQ a (QUOTE (0.25 "АВВ" 46)))
```

і значенням змінної a стане список (0.25 "АВВ" 46). Використовується також скорочений запис функції QUOTE у вигляді апострофа:

```
(SETQ a '(0.25 "АВВ" 46))
```

Застосовувати функцію QUOTE до атома безглуздо: (QUOTE 0.25) і 0.25 – одне і те саме.

А що буде, якщо застосувати функцію QUOTE до змінної? Вона поверне саму змінну, а не її значення:

```
(SETQ a 5)
```

(SETQ b a) значенням змінної b буде 5

(SETQ b 'a) значенням змінної b буде змінна a.

Тому функцію SET можна використовувати і для зміни значення змінної: (SET 'a 10) робить те саме, що і (SETQ a 10), оскільки запис 'a означає значення змінної a. Отже, значенням однієї змінної може бути інша змінна.

Припустимо, що значенням змінної є список, що є програмою:

(SETQ a '(+ 5 10))

Як тепер змусити Автолісп виконати цей список? Для цього є дуже корисна функція EVAL (від EVALuation). Вона виконує список, що є її аргументом, і повертає результат обчислення.

У нашому випадку (EVAL a) поверне 15. Таким чином, функція EVAL зворотна за дією функції QUOTE. Її використання дозволяє "на ходу", під час виконання програми, сформуванати список-програму (що містить виклики функцій) і виконати його. У цьому і полягає динамічна модифікація тексту програми, необхідна для вирішення завдань штучного інтелекту.

Тепер розглянемо математичні і логічні функції Автоліспа, які для зручності зведені в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні математичні функції Ліспу

Ім'я функції	Аргументи	Повернене значення
+	a1 a2 ... an	$a_1+a_2+\dots+a_n$
-	a1 a2 ... an	$a_1-a_2-\dots-a_n$
*	a1 a2 ... an	$a_1\times a_2\times\dots\times a_n$
/	a1 a2 ... an	$a_1/a_2/\dots/a_n$
1+	a	a+1

Ім'я функції	Аргументи	Повернене значення
1-	a	$a-1$
ABS	a	$ a $
SQRT	a	\sqrt{a}
EXP	a	e^a
EXPT	a b	a^b
GCD	a b	найбільший спільний дільник чисел a, b
LOG	a	$\ln(a)$
MIN	a1 a2 ... an	Мінімальне з чисел $a_1 a_2 \dots a_n$
MAX	a1 a2 ... an	Максимальне з чисел $a_1 a_2 \dots a_n$
REM	a b	Залишок від ділення a/b
Тригонометричні функції		
SIN	a	$\sin(a)$, a – в радіанах
COS	a	$\cos(a)$, a – в радіанах
ATAN	a	$\text{atn}(a)$, a – в радіанах

У мові також передбачена вбудована константа PI із значенням, що дорівнює числу π .

Приклад: Обчислити площу трикутника S із сторонами a, b, c за формулою Герона:

$$S = \sqrt{p \cdot (p - a) \cdot (p - b) \cdot (p - c)}$$

$$p = \frac{a + b + c}{2}$$

Запишемо програму обчислень:

```
(SETQ p (/ (+ a b c) 2))  
(SETQ s (SQRT (* p (- p a) (- p b)  
(- p c))))
```

Для того, щоб цю програму виконати, її можна або рядок за рядком набирати як відповідь на запрошення Автокада "Команда:", або записати в текстовий файл з розширенням *.LSP і завантажити його. Функції будуть виконані в процесі завантаження файлу.

Увага! Автокад не завантажує автоматично файл з програмою після того, як до нього внесені зміни. Це потрібно робити примусово за допомогою меню або функції LOAD.

Аби проглянути значення змінної, треба в командному рядку набрати знак оклику, а за ним – ім'я змінної:

```
Команда: !a
```

виведе на екран значення змінної a.

При наборі програм на Автоліспі легко помилитися з парністю дужок, тому рекомендується використовувати текстовий редактор, що відстежує дужки (наприклад редактор Блокнот).

Якщо вираз введений з командного рядка Автокада із помилками у парності дужок, то запрошення "Команда:" змінюється на "1>", де 1 – кількість незакритих правих дужок.

6.10. Створення функцій користувача. Область дії змінних. Організація діалогу із користувачем

У мові Лісп можливе створення функцій користувача. Власне, програмування на Ліспі зводиться до написання набору користувацьких функцій, що виконують певні дії. Головна функція, повинна явно викликатися одним із вказаних нижче способів.

Стандартний, один з можливих, спосіб створення функції користувача полягає у використанні функції DEFUN (DEfine FUNction). Запис у загальному вигляді:

```
(DEFUN name (a1 a2 ... an / v1 v2 ... vm)
  (вираз1)
  (вираз 2)
  . . . .
  (вираз N)
)
```

де name – ім'я функції;

a_i – i-й аргумент функції;

v_i – i-а локальна змінна.

Функція DEFUN створює в пам'яті функцію користувача на ім'я name та списком аргументів a₁, a₂, ..., a_n. При цьому сама функція name ще не виконується, а лише розміщується в пам'яті – для виконання вона повинна бути явно викликана.

Функції користувача не можуть мати довільну кількість аргументів на відміну від вбудованих функцій типу "+", "-" та ін. Виклик функції користувача з невірним числом аргументів призведе до виникнення помилки "Невірне число аргументів".

Оскільки функція користувача, як і будь-яка інша, обов'язково повертає значення, виникає питання: як визначити, що ж вона поверне? Адже усередині функції, як правило, велика кількість списків-програм. Скористаємося наступним правилом знаходження поверненого користувацькою функцією значення:

1. Знайти останню закриваючу дужку, парну першій перед словом DEFUN;
2. Знайти передостанню закриваючу дужку;
3. Знайти парну їй відкриваючу дужку;
4. Значення повернене функцією, що стоїть після цієї відкриваючої дужки, і буде поверненим значенням всієї користувацької функції.

Інакше кажучи, значення, яке повертається є результатом обчислення останнього списку, що знаходиться всередині DEFUN.

В Автоліспі немає значення, в якій послідовності в тексті LSP-файла йдуть описи функцій DEFUN – адже перед виконанням програми всі вони спочатку завантажуються в пам'ять. Тому в процесі написання програми послідовність опису функцій не важлива (на відміну від Паскаля, де до завантаження кожна процедура або функція, що викликається, має бути вже визначена).

Наприклад, у файлі написано наступне:

```
(DEFUN f1 ()
```

```
.....
```

```
(f2)
```

```
;Викликається ще не описана функція f2...
```

```

)
(DEFUN f2 ()
; ...яка описана тільки тут
.....
)

```

Це абсолютно коректна ситуація, що не викликає у Автоліспа питань.

А тепер створимо власну функцію користувача.

Приклад: у Автоліспі немає функції, що обчислює тангенс кута.

Введемо функцію з ім'ям `tan` наступного вигляду:

```

(DEFUN tan (a)
  (/ (SIN a) (COS a))
)

```

Виконання даного списку приведе до появи в пам'яті змінної `tan` типу "визначена користувачем функція", значенням якої є список-програма обчислення тангенса.

Текст користувацької функції можна вивести на екран за допомогою `!`, оскільки він також є значенням змінної.

Закономірне питання: а куди поділися коса риска і загадкові "локальні змінні" `v1, v2..vm`?

Всі змінні в Автоліспі поділяються на два види: глобальні і локальні.

Глобальні змінні постійно знаходяться в оперативній пам'яті і, отже, доступні з будь-якої функції. Глобальні змінні створюються автоматично при присвоюванні ним значення.

Наприклад, функція `(SETQ a 5)` створює глобальну змінну `a`.

Опишемо функцію з ім'ям `s` вигляду:

```
(DEFUN s (a / p)
  (SETQ p 5)
)
(SETQ p "ABC")
```

Тут `p`, якій привласнюється значення `5` – локальна змінна. Вона не буде доступною з інших функцій. Тому функція `(SETQ p "ABC")` створює глобальну змінну на ім'я `p`, жодним чином не пов'язану з локальною змінною `p`.

Аргументи функцій користувача також є локальними змінними. На початку роботи користувацької функції аргументи набувають значень, що передані функції під час її виклику.

Використання глобальних змінних небажано. Вони займають пам'ять та викликають необхідність відстежування імен змінних (а локальних змінних з однаковими іменами в різних користувацьких функціях може бути скільки завгодно). Дані слід зберігати в локальних змінних і передавати через параметри функцій, що викликаються.

Якщо глобальні змінні все ж використовуються, як тільки необхідність в них відпадає, слід звільняти займану ними пам'ять, присвоюючи їм значення `NIL` (питання браку пам'яті в Автоліспі в його реалізації для Автокада 10 стоїть дуже гостро).

Функція користувача може не мати як локальних змінних, так і аргументів. Можливі записи:

```
(DEFUN s (a b / cd) (DEFUN s (/ 3 d)
(DEFUN s (ab) (DEFUN s ()))
```

У будь-якому випадку пара дужок після імені функції зберігається.

Спробуємо тепер написати складнішу функцію.

Приклад: написати функцію обчислення площі трикутника із сторонами a, b, c.

Вочевидь, знову потрібно скористатися формулою Герона. Назвемо нашу функцію `trisqu` (triangle square), пам'ятаючи про правило шести символів. Її аргументами будуть сторони трикутника. Введемо також локальну змінну `p` для запису напівпериметра:

```
(DEFUN trisqu (a b c / p)
  (SETQ p (/ (+ a b c) 2)
  (SQRT (* p (- p a) (- p b) (- p c))))
)
```

Звернемо увагу, що немає необхідності записувати площу в змінну – ми відразу зробили її значенням, що повертається функцією.

В момент виклику функції `trisqu` їй обов'язково мають бути передані три аргументи, значення яких запишуться в локальні змінні `a`, `b`, `c`, тобто треба написати:

```
(trisqu 3 4 5) або (trisqu a 4.5 (/ 2 b))
```

Розглянемо тепер способи занесення користувацьких функцій в пам'ять і їх виклику. Найбільш зручний шлях – записати користувацькі

функції в текстовий файл з розширенням «.LSP» і завантажити його функцією LOAD, яку можна набрати в командному рядку Автокада:

```
(LOAD "ім'я_файла")
```

Функція LOAD у випадку появи помилки завантаження повертає "ім'я_файла", при нормальному завантаженні – посилання на останню визначену в завантаженому файлі користувацьку функцію (ім'я цієї функції виводиться на екран).

Присвоювання імені файлу пов'язане з трьома "підводними каменями":

1) Ім'я файлу або є змінною типу "текст", або виразом, обчислення якого дає результат текстового типу. Якщо ім'я задається явно, як константа, воно береться в лапки.

2) Розширення імені файлу і точка перед ним не вказуються. Автолісп сам додає розширення .LSP. Тому програму можна записувати у файл лише з таким розширенням, інакше її буде неможливо завантажити.

3) Якщо вказується повний шлях доступу до файлу, то символ "\" потрібно замінити на "/" і замість "E:\ACAD\STUDENT\1.LSP" написати "E:/ACAD/STUDENT/1". Це пов'язано з тим, що Автолісп сприймає символ "\" як керуючий код.

Як викликати функцію на виконання? Принципово можливі три способи:

1. Виклик функції з командного рядка.
2. Виклик функції з меню Автокада (виклик функції з меню вимагає знання правил його модифікації і не може бути рекомендований недосвідченим користувачам).
3. Введення нової команди в Автокад.

Перший спосіб очевидний: після завантаження файлу, що містить, наприклад, функцію обчислення тангенса `tan` ми просто наберемо в командному рядку (`tan 0.25`), аби обчислити тангенс кута в 0.25 радіан. Проте набирати дужки швидко набридне. Якщо ім'я користувацької функції починається з "C:", то після її завантаження (і до закінчення сеансу роботи або до явного видалення функції з пам'яті) в Автокаді з'являється нова команда на ім'я, яке співпадає з ім'ям функції. При цьому користувацька функція не може мати аргументів.

Як передавати нашій функції інформацію? Інтерактивно – запитувати його у користувача. Для цього в Автоліспі є набір функцій, що забезпечують введення-виведення інформації.

Почнемо з виведення. Екран Автокада може працювати в двох режимах: текстовому (`TEXTSCR`) і графічному (`GRAPHSCR`). Для виведення на текстовий екран призначені функції, що наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Функції виведення інформації на текстовий екран.

Найменування	Аргументи	Опис
<code>PRINC</code>	Будь-який вираз	Виведення виразу на екран без врахування керуючих кодів
<code>PRIN1</code>	Будь-який вираз	Виведення виразу на екран з врахуванням керуючих кодів
<code>PRINT</code>	Будь-який вираз	Виведення виразу на екран з врахуванням керуючих кодів, з нового рядка і з пропуском в кінці
<code>PROMPT</code>	Текст	Виведення тексту на екран з врахуванням керуючих кодів
<code>TERPRI</code>	Немає	Виведення порожнього рядка

Автолісп "розуміє" наступні керуючі коди в текстових рядках, що виводяться на екран (таблиця 6.3):

Таблиця 6.3 – Керуючі коди

Код	Значення
\e	Символ з кодом 27 (ESC)
\n	Перехід на новий рядок
\r	Перехід в початок того ж рядка
\t	Перехід на наступну позиції табуляції (8 пропусків)
\nnn	Введення символу з вісімковим кодом nnn

Якщо потрібно просто вивести на друк символ "\", його потрібно подвоїти, тобто написати "\\".

Приклад: для виведення класичної фрази "Hello, world!" з нового рядка в Автоліспі слід написати:

```
(PROMPT "\nHello, world!")
```

Функція PRIN1 не повертає значення і зручна для "тихого" завершення роботи головної програми.

Введення даних здійснюється сімейством GET-функцій (таблиця 6.4).

Таблиця 6.4 – Введення даних з клавіатури.

Найменування	Аргументи	Опис
GETINT	Текст підказки	Введення цілого числа
GETREAL	Текст підказки	Введення дійсного числа
GETSTRING	Мітка пропуску (Т або NIL) Текст підказки	Введення тексту. Якщо мітка пропуску=Т, в тексті можуть бути пропуски, інакше (за умовчанням) пропуск сприймається як закінчення введення

Всі GET-функції повертають введене з клавіатури значення або NIL, якщо мало місце порожнє введення (відразу натиснуто клавішу ESC або CTRL+C. Для збереження цього значення його слід записати в змінну, наприклад:

```
(SETQ (GETINT "\nВведіть X:"))
```

```
(SETQ m (GETSTRING T "\nВведіть прізвище та ім'я:"))
```

Введення даних завжди пов'язано із виникненням помилок. Для автоматичного виключення найбільш очевидних помилкових ситуацій призначена функція INITGET дія якої поширюється лише на одну наступну за нею GET-функцію.

```
(INITGET сума_кодів)
```

Можливі значення кодів наведено у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Основні коди функції INITGET.

Код	Значення
1	Заборонити порожнє введення
2	Заборонити введення нуля
4	Заборонити введення від'ємних чисел

Приклад: Нехай з клавіатури потрібно ввести номер позиції деталі в специфікації і записати його в змінну р. Номер позиції – ціле додатне число. Робиться це так:

```
(INITGET 7)
(SETQ p (GETINT "\nВведіть номер позиції деталі:"))
```

Приклад: Написати інтерактивну програму обчислення площі трикутника.

```
(DEFUN C:trisque (/ a b c p s)
  (TEXTSCR)
  (INITGET 7)
  (SETQ a (GETREAL "\nДовжина сторони А:"))
  (INITGET 7)
  (SETQ b (GETREAL "\nДовжина сторони В:"))
  (INITGET 7)
  (SETQ c (GETREAL "\nДовжина сторони С:"))
  (SETQ p (/ (+ a b c) 2))
  (PROMPT "\nПлоща трикутника дорівнює "))
```

```
(PRIN1 (SQRT (* p (- p a) (- p b) (- p c))))  
(PRIN1)  
)
```

6.11. Використання команд Автокада. Геометричні побудови

Головний екран Автокада – графічний, на якому відбувається створення і модифікація креслення. Головна мета використання мови Автолісп – саме робота з графічним екраном, що дозволяє автоматизувати побудову зображень. Але для цього потрібно дізнатись, яким чином Автолісп дозволяє виконувати команди Автокада.

Як працювати з Автокадом з клавіатури?

Автокад має вбудований набір команд, які вводяться з клавіатури у відповідь на запрошення "**Команда:**" (в русифікованій версії) і в більшості запрошують певні параметри. Послідовність введення цих параметрів визначається форматом команди.

Набір команд в межах однієї версії Автокада постійний і однаковий, а меню можна створювати самому, тому в різних організаціях меню звичайно сильно відрізняються.

Як приклад розглянемо формат команди "ПЛИНИЯ" як найширше використовуваною в побудовах на графічному екрані:

Що вводимо з клавіатури	Що введено
Команда: ПЛИНИЯ	Ім'я команди. З цього починається виконання будь-якої команди Автокада
Від точки:	Координати точки у вигляді: x,y наприклад, 100,250 – абсолютні координати точки; @dx,dy наприклад @-10,45 – приросту за осями координат від поточної точки; @r<a наприклад @10<90 – переміщення від поточної точки під кутом a на відстань r.
Поточна ширина лінії дорівнює 0.00 Дуга/Замкни/Полуширина /Длина/ОТМени/Ширина/ <Конечная точка сегмента>:	Тут вводиться або наступна точка, або ключове слово – одне слово із запропонованого списку. Можна вводити не слово цілком, а лише ту його частина, яка набрана заголовними буквами, наприклад «отмени» або «отм».
Команда:	Для явного завершення малювання полілінії команду необхідно перервати натисненням клавіш Esc, CTRL+C, або натисненням правої кнопки миші.

Отже, в Автокаді можливе введення наступних типів параметрів команд з клавіатури:

1. Текстові рядки (наприклад, назва команди або ім'я файлу);
2. Координати точок;
3. Вибір об'єкту;

4. Числові значення (наприклад, номер кольору);
5. Ключові слова;
6. Переривання виконання команди.

Більшість команд Автокада можуть бути виконані з програми на Автоліспі за допомогою функції COMMAND:

```
(COMMAND t1 t2 .. tn)
```

де t1 – ім'я команди, що викликається;

t2 ... tn – параметри команди, що викликаються.

Аби не намагатися створювати принципово неможливі програми, відразу слід зазначити: з програми на Автоліспі не можна викликати наступні команди: ДТЕКСТ, ЭСКИЗ, ПЕЧАТАЙ, ЧЕРТИ, ПАКЕТ, а також команди, визначені користувачем за допомогою (FUN C:). Особливо незручно те, що неможливо автоматизувати виведення креслення на папір (команди ПЕЧАТАЙ та ЧЕРТИ), що робить будь-які системи автоматизації конструкторської праці, написані на Автоліспі, дещо неповноцінними.

Є два особливі види виразів, які можуть бути аргументами функції COMMAND:

1) PAUSE дозволяє користувачеві ввести відповідний параметр вручну;

2) "" (дві лапки) або відсутність параметрів взагалі [(COMMAND)] рівнозначно перериванню команди.

Приклад: намалюємо з програми на Автоліспі квадрат з лівим нижнім кутом в точці (10,10) та стороною 25мм (рис. 6.4).

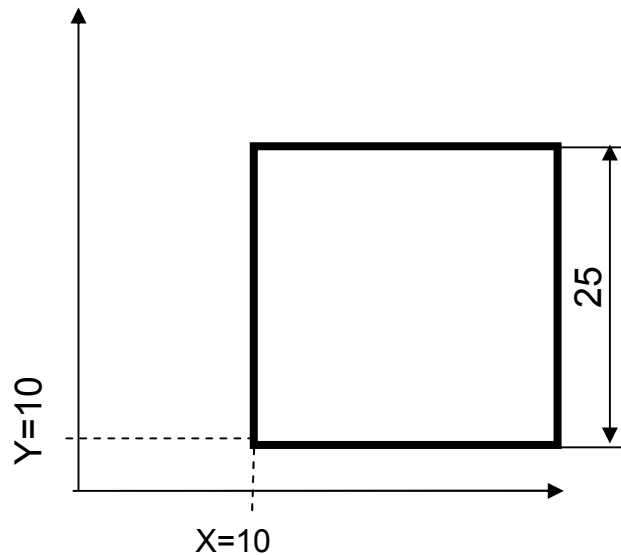


Рис. 6.4 – Побудова квадрата

Якщо користуватися лише клавіатурою, діалог буде виглядати так:

Команда: ПЛИНИЯ

От точки: 10,10

Текущая ширина линии равна 0.00

Дуга/Замкни/Полуширина/Длина/ОТМени/Ширина/ <Конечная точка сегмента>: @25,0

Дуга/Замкни/Полуширина/Длина/ОТМени/Ширина/ <Конечная точка сегмента>: @0,25

Дуга/Замкни/Полуширина/Длина/ОТМени/Ширина/ <Конечная точка сегмента>: @-25,0

Дуга/Замкни/Полуширина/Длина/ОТМени/Ширина/ <Конечная точка сегмента>: Замкни

На Автоліспі це виглядатиме так:

```
(COMMAND "ПЛИНИЯ" "10,10" "@25,0" "@0,25" "@-25,0"
"ЗАМКНИ")
```

Всі змінні функції COMMAND, що є параметрами, задаються як текстові рядки, навіть якщо вони є числами або координатами точок.

Проте головна властивість функції COMMAND – можливість підстановки у якості параметрів результатів виконання програм.

Будь-який параметр функції COMMAND можна замінити на ім'я змінної або виразу Автоліспа. Даний параметр набуде значення, що дорівнює значенню змінної або результату обчислення виразу.

Обмеження: всередині функції COMMAND не можна викликати функції введення даних (GETREAL, GETSTRING та ін.)

Як отримати засобами Автоліспа текстовий рядок, загалом, зрозуміло. Проте виникає природне питання: як представити координату точки?

Координати точок є списками з двох або трьох дійсних чисел – координат за осями X, Y і Z відповідно. Таким чином, точка з координатами 10,10 може бути задана як текстовим рядком "10,10", так і списком: (LIST 10 10). Другий спосіб дозволяє використовувати змінні і вирази Автоліспа для вказівки координат. Наприклад, якщо координата точки X записана в змінній A, а координата Y має бути розрахована, то слід записати:

```
(LIST A (/ (* (+ A 20) (+ a 20)) 4))
```

Наявних в Автоліспі математичних функцій достатньо для виконання геометричних побудов, проте для зручності мова має ряд спеціальних вбудованих функцій для обчислення координат точок.

Основна геометрична функція – POLAR:

(POLAR a angle dist)

де a – список з двох елементів (координати точки);

angle – кут в радіанах;

dist – відстань в поточних одиницях виміру.

Функція POLAR повертає у вигляді списку координати точки, віддаленої від точки a на відстань dist під кутом angle (рис. 6.5).

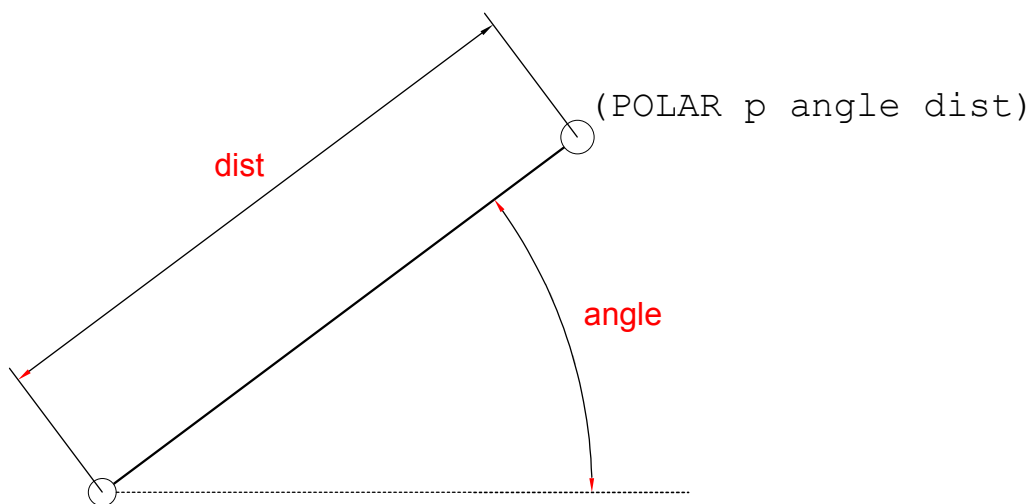


Рис. 6.5 – Функція POLAR

Додатний напрям відліку кутів – проти годинникової стрілки (рис. 6.6).

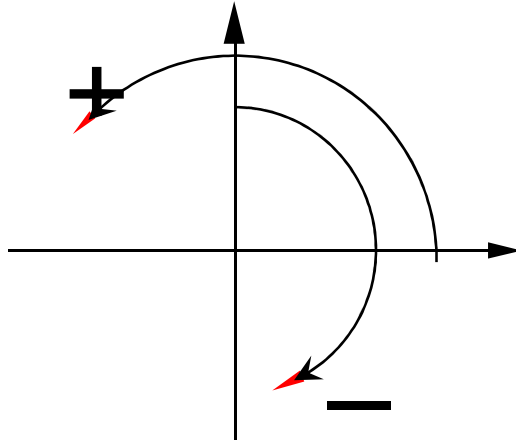


Рис. 6.6 – Напрями відліку кутів в Автокаді

Одиниці вимірів, як і багато інших параметрів, визначаються значеннями системних змінних Автокада.

Системна змінна – елемент пам'яті, що містить певне значення і що має незмінне ім'я. Значення системних змінних задають різні режими роботи команд Автокада. Не можна плутати змінні Автоліспа і системні змінні Автокада – це абсолютно різні речі. До системних змінних не можна звертатися безпосередньо, як до звичайних змінних Автоліспа. Для доступу до системних змінних в Автоліспі є дві функції:

```
(GETVAR "ім'я")
(SETVAR "ім'я" значення)
```

Функція GETVAR повертає значення системної змінної з ім'ям "ім'я", заданим як текстовий рядок.

Наприклад, системна змінна "LASTPOINT" містить координати поточної точки. Для їх використання в програмі слід використовувати функцію GETVAR у вигляді:

```
(GETVAR "LASTPOINT")
```

Якщо в процесі відрисовки полілінії наступну крапку зручніше розрахувати від попередньої за допомогою функції POLAR, необов'язково записувати всі проміжні точки в змінні. Можна використовувати функцію GETVAR, наприклад:

```
(COMMAND "ПЛИНИЯ" (LIST (+ A 10) (- B 20))  
(POLAR (GETVAR "LASTPOINT") 0 40) ""))
```

У наведеному прикладі координати початкової точки розраховуються. Щоб не записувати цю точку в окрему змінну, наступна точка, координати якої розраховується за допомогою функції POLAR, використовує в якості опорної координату поточної (тобто початкової) точки, що завжди знаходяться в системній змінній "LASTPOINT" у вигляді списку. Функція SETVAR змінює значення системної змінної.

Обережно!

1. Добре подумайте, перш ніж міняти значення системної змінної. Ці значення записуються у файл креслення.

2. Частина системних змінних (наприклад, змінна, що містить номер версії Автокада) доступна лише для читання і їх значення не можна змінити.

При геометричних розрахунках використовуються також наступні функції:

```
(INTERS т1 т2 т3 т4 ознака)
```

повертає точку перетину двох відрізків, що проходять через точки t_1 і t_2 , а також t_3 і t_4 відповідно. Ознака показує, чи слід знаходити точку перетину нескінчених прямих, що проходять через точки t_1 і t_2 і t_3 і t_4 (якщо ознака=NIL) або ж лише відрізків (якщо ознака \neq NIL). Якщо точка перетину відсутня, функція повертає NIL.

Функція (ANGLE t_1 t_2) повертає кут в радіанах між додатним напрямом осі X і прямою, що проходить через точки t_1 і t_2 .

Функція (DISTANCE t_1 t_2) повертає відстань від точки t_1 до точки t_2 в поточних одиницях виміру відстані.

6.12. Робота зі списками. Галуження

Оскільки список – головний елемент мови Лісп, слід ретельно розглянути набір функцій для роботи з ними.

До деякої міри список аналогічний масиву в мовах типу Паскаль. Там доступ до конкретного елемента списку вирішується просто – вказується його номер: $a[5]$. У Ліспі все дещо складніше.

Функція (CAR L) повертає перший елемент списку L.

Наприклад, (CAR (LIST 10 20)) поверне 10.

Якщо список L є описом координат точки, то (CAR L) повертає координату X.

Назва функції йде від першої (1958 р.) реалізації мови Лісп на комп'ютерах, в роботі яких важливу роль грав адресний регістр пам'яті (Contents of Address Register), скорочено CAR.

Функція (CDR L) повертає всі елементи списку L, окрім першого.

(CDR (LIST 10 20)) повертає (20)

Функція CDR не підходить для отримання координати Y точки – вона повертає список, а координата має бути виражена атомом – дійсним числом. Можна зі списку, що повертається функцією CDR, виділити перший елемент:

```
(SETQ p (LIST 10 20)) ; координати точки p
      (SETQ v (CAR (CDR p)))
```

Але такий запис виглядає громіздким. Тому в Ліспі передбачена можливість використання вкладених функцій CAR і CDR, які називатимуться відповідно CADR, CDAR, CAAR, CDDR тощо (до чотирьох рівнів вкладеності). При цьому (CADR L) еквівалентно (CAR (CDR L)).

Останній елемент списку як атом повертає функція (LAST L). Її можна використовувати для отримання координати Y, але в режимі використання тривимірних точок функція LAST буде повертати вже координату Z і програма буде працювати некоректно.

Найзагальніша функція виділення елементів із списку: (NTH n L), яка повертає n-й елемент списку L. Назва функції походить від англійського закінчення порядкових числівників «-th». Нумерація елементів списку у функції NTH починається з нуля.

Нажаль, в Ліспі немає одноманітності в питанні нумерації елементів списку: частина функцій впевнена, що нумерація починається з одиниці. Така плутанина – один з найбільш крупних "проколів" Ліспу.

Отже, оскільки найчастіше нам потрібно виділити окремі координати точки, підсумуємо, як це найлегше зробити (табл. 6.6).

Таблиця 6.6 – Отримання координат точок

Точка p	
Координата X	Координата Y
(CAR p)	(CADR p)
(NTH 0 p)	(NTH 1 p)

Розкладення точок на координати використовується, якщо необхідно розрахувати положення точки через прирости. Наприклад, при побудові зображення фаски потрібно дізнатись координати точки P2 за відомими координатами точки P1 (рис. 6.7).

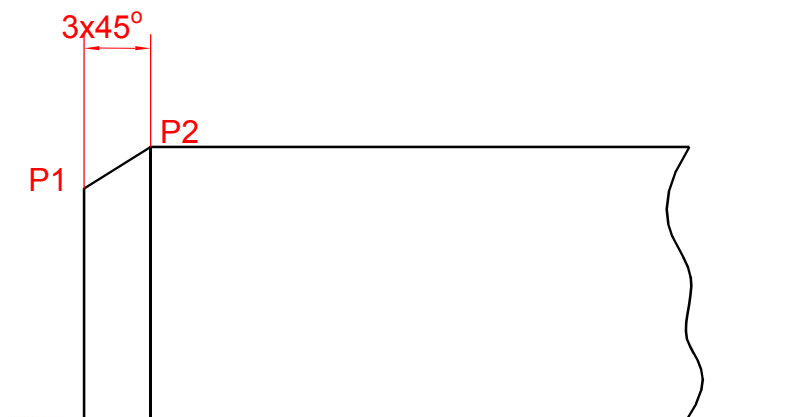


Рис. 6.7 – Побудова зображення фаски

Хоча кут в даному випадку заданий в явному вигляді, використання функції POLAR буде некоректним: ми не знаємо відстань P1P2.

Якщо його вираховувати як гіпотенузу прямокутного трикутника, точність обчислення квадратного кореня виявиться обмеженою і ми не попадемо в точку P2. Якби ми малювали фаску вручну, то ми б ввели прирости за осями у вигляді @3,3 (тобто переміститися від точки P1 вправо на 3мм і вгору на 3мм). Зробимо те ж саме в Автоліспі:

```
(SETQ p2 (LIST (+ (CAR p1) 3)
               (+ (CADR p1) 3)))
```

Такий запис є стандартним способом розрахунку координат точок в приростах.

При використанні списків, особливо списків-даних, часто необхідно додавати в наявний список нові значення, наче "приклеюючи" їх до його хвоста. Для цього призначена функція (APPEND L1 L2), яка додає в кінець списку L1 список L2 і повертає новий, подовжений список. Список L1 від цього автоматично не міняється, потрібно зберігати результат виконання функції APPEND.

Зверніть увагу: для додавання до списку атома його спочатку потрібно перетворити на список, що складається з одного елемента.

Приклад: у змінній a зберігається список вигляду (19 49). До нього потрібно додати число 20. Робиться це так:

```
(SETQ a (APPEND a (LIST 20)))
```

Розглянемо керуючі конструкції Автоліспа – галуження і цикли.

І галуження, і цикл обов'язково містять перевірку умови. Для цього в Ліспі використовуються логічні функції, що повертають Т («true» – істина) або NIL (в якості «false» – хибність): "<", ">", "<=", ">=", "=", "/=". Зверніть увагу: операція "не дорівнює" ("/=") записується не так, як в більшості інших мов програмування.

Функції порівняння можуть застосовуватися до цілих і дійсних чисел, а також текстових рядків, але не до списків.

Приклади:

```
(= 2 2) повертає T
(= 2 5) повертає NIL
(= "ABC" "AB") повертає NIL
```

Якщо ми порівнюємо дійсні числа, то потрібно пам'ятати про обмежену точність обчислень. Особливо це відноситься до тригонометричних функцій. Тому вкрай небажано порівнювати результат тригонометричної функції з константою, інакше виникають казуси наступного вигляду, які важко виявити:

```
(SETQ a1 (SIN 0.0))
(SETQ a2 (SIN (* 2.0 PI)))
```

Тоді `(= a1 a2)` повертає `NIL`, тобто з точки зору Ліспу $\sin(0) \neq \sin(2 \cdot \pi)$, оскільки $\sin(2 \cdot \pi)$ не дорівнює точно нулю.

Що робити, якщо потрібно порівняти два дійсні числа, коли хоча б одне з них – є результатом обчислення тригонометричної або іншої функції? Треба відмітити, що аналогічна проблема в інших мовах програмування просто замовчується. Творці Ліспу ввели в мову спеціальну функцію порівняння із заданою точністю:

```
(EQUAL e1 e2 точність)
```

Тут `точність` – число (0.1, 0.01, ...), яке вказує, скільки знаків після коми береться до уваги при порівнянні виразів `e1` і `e2`. Тому функція `(EQUAL (SIN 0) (SIN (* PI 2)) 0.001)` поверне `T`.

Функції порівняння можуть об'єднуватися за допомогою логічних функцій, утворюючи складні умови. У Ліспі є багатий набір логічних функцій, з яких реально досить знати чотири основні (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 – Логічні функції мови Автолісп

X	Y	X AND Y	X OR Y	X XOR Y	NOT X
T	NIL	NIL	T	T	NIL
T	T	T	T	NIL	NIL
NIL	T	NIL	T	T	T
NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	T

Запам'ятати ці функції легко:

AND – і X, і Y істинні, тоді X AND Y буде істинним;

OR – або X, або Y, або X та Y відразу, істинні, тоді X OR Y буде істинним;

XOR – або X, або Y істинні окремо, але не разом, тоді X XOR Y буде істинним;

NOT – просто "перевертає", інвертує значення, перетворюючи T на NIL, а NIL в T.

Приклад:

Якщо в змінних a, b, c зберігаються довжини сторін трикутника, то вельми бажано, аби вони всі були більше нуля. Тоді отримаємо складну умову:

`(AND (> a 0) (> b 0) (> c 0))`

Розглянемо функцію IF, що забезпечує галуження в програмі. Її загальний вигляд

```
(IF c
  f1
  [f2])
```

Тут використано запис із відступами, що запропонований Н. Віртом.

Тут c – умова (проста або складена, частина “якщо”, “if”), $f1$ – функція, що виконується, якщо умова істина (частина “тоді”, “then”), а $f2$ – функція, що виконується, коли умова хибна (частина “інакше”, “else”), причому квадратні дужки говорять про те, що частина “інакше” може бути відсутня.

Приклад:

```
(IF (< a 0)
  (PROMPT "\nЗмінна a менше нуля")
  (PROMPT "\n"Змінна a більше або дорівнює нулю")
)
```

Як бути, якщо потрібно в разі виконання (або невиконання) умови виконати не одну, а відразу декілька функцій? Адже синтаксис функції IF дозволяє записати лише одну. Проблема вирішується так само, як в мові Паскаль: там використовуються операторні дужки «begin end», а в Ліспі – функція (PROGN $f1$ $f2$.. fn). Вона об'єднує функції $f1$ $f2$.. fn в один блок, який можна підставити у функцію IF.

Наприклад, ми розв'язуємо квадратне рівняння і до змінної d записали дискримінант. Тепер потрібно порахувати дійсне коріння і вивести їх на екран:

```
(IF (>= d 0)
  (PROGN
```

```

(SETQ x1 (/ (+ (* b -1) (SQRT d))
(* 2 a))
(SETQ x2 (/ (- (* b -1) (SQRT d))
(* 2 a))
(PROMPT "\nX1=")
(PRINT x1)
(PROMPT "\nX2=")
(PRINT x2)
); кінець PROGN
(PROMPT "\ндійсних коренів немає"); "інакше"
)

```

Розглянемо функцію COND (від англ. condition – умова) із наступним синтаксисом

```

(COND
(c1 f11 f12 ... f1n1)
(c2 f21 f22 ... f2n1)
...
(cm fm1 fm2 ... fmm)
)

```

Тут $c_1 \dots c_m$ – логічні умови, f_{nm} – функції, що виконуються при виконанні тієї або іншої умови.

Умови перевіряються послідовно до першої що виконується. Якщо істинно відразу декілька умов, тоді виконуються лише функції, що відносяться до першої з істинних, а решта умов навіть не перевіряється.

Основне призначення функції COND – обробка введення користувача, наприклад, так:

```
(SETQ a (GETINT "\n 1 - фаска, 2 - жолобок, 3 -  
виточка"))  
(COND  
  ((= a 1) ....); фаска  
  ((= a 2) ....); жолобок  
  ((= a 3) ....); виточка)
```

А ось приклад неправильного вживання функції COND. Нехай потрібно присвоїти змінній flag значення NIL, якщо хоча б одна зі змінних a, b, c (сторони трикутника) виявиться від'ємною. Недосвідченому програмістові замість очевидного

```
(SETQ flag (NOT  
(OR (<= a 0) (<= b 0) (<= c 0))))
```

може прийти в голову наступна згубна ідея:

```
(SETQ flag NIL)  
(COND  
  ((> a 0) (SETQ flag T))  
  ((> b 0) (SETQ flag T))  
  ((> c 0) (SETQ flag T))  
)
```

Програма виглядає працездатною, але уявимо собі, що відбудуватиметься при наступних вихідних даних: a = 10, b = -5, c = 2.

Функція COND перевірить першу умову $a > 0$, переконається в її істинності, встановить змінну `flag` в `T` і останні умови взагалі перевіряти не буде. Тому той факт, що сторона `b` менше нуля, залишиться непоміченим.

6.13. Конструкції Автоліспа. Цикли

Однією з базових структур у будь-якій мові програмування є цикл.

Цикл виконує подвійну функцію:

- 1) виконання частини програми більше одного разу;
- 2) передача управління (під управлінням розуміється виконуваний в даний момент елемент програми) "назад" або "вгору" (тобто ближче до початку програми).

Друга функція циклу менш очевидна, ніж перша, хоча в структурних мовах і в Ліпі цикл – єдиний спосіб передати управління назад.

До речі, якщо необхідність багаторазового виконання ділянки програми більш-менш зрозуміла (наприклад, нам потрібно намалювати сотню кіл), то необхідність повернень в програмі менш очевидна. Тому наведемо хоч би один простий приклад: користувач вводить дані, програма щось малює, а потім користувач дивиться на результат, помічає помилки і хоче повторити введення. Ось тут і доведеться повертатися назад – до тієї частини програми, в якій вводяться дані.

Цикли в Ліспі, зрозуміло, забезпечуються функціями. Одна з них – функція REPEAT вигляду

```
(REPEAT n f1 f2 ... fm)
```

Тут n – число повторень, а $f_1..f_m$ – ті функції, які виконуватимуться n разів.

У циклі REPEAT, на відміну від, наприклад, циклу FOR...TO мови Паскаль, немає змінної, значення якої змінюється від 1 до n . Тому таким циклом не варто вирішувати завдання перебору елементів списку. Для цього існують спеціальні функції.

Призначення циклу REPEAT – в основному вирішення завдань побудови зображень. Наприклад, якщо деталь має елементи, що повторюються, можна запитати у користувача їх кількість, потім виділити ділянку, що повторюється, і намалювати її потрібну кількість разів.

Не намагайтеся малювати в циклі правильні багатокутники – для цього є команда МНУГОЛ.

Приклад: намалювати деталь, показану на рис 6.8. Кількість отворів, що розташовані на заданій відстані, може варіюватися від 1 до 5.

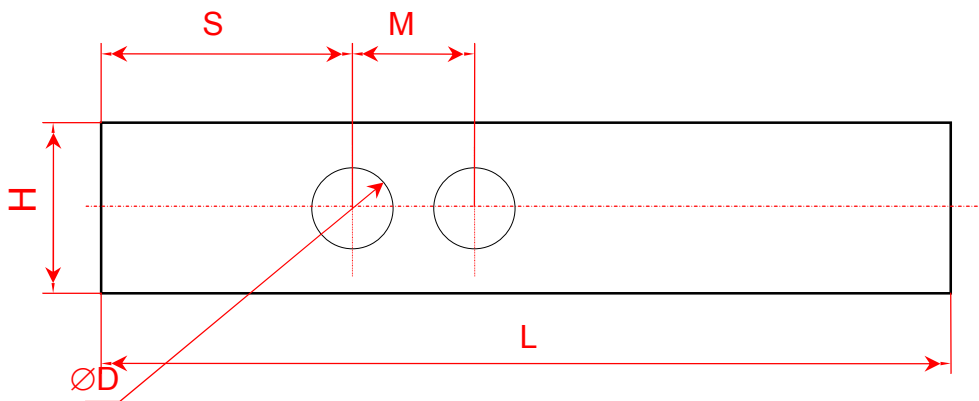


Рис. 6.8 – Деталь, для відрисовки якою потрібен цикл.

Зауважимо, що введено усі дані, крім кількості отворів, контур деталі намальований і лівий нижній кут знаходиться в точці з координатами (0,0).

Робимо наступне:

```

(INITGET 7)
(SETQ n (GETINT "\nВведіть кількість отворів:")
      x ( LIST s (/ h 2.0) ) )
(REPEAT n
  (COMMAND "КРУГ" x (/ D 2.0) )
  (SETQ x (POLAR x 0 m) )
)

```

В цьому прикладі до змінної x записується поточна координата центру кола.

Проте одного такого циклу недостатньо. Як бути, якщо заздалегідь невідомо, скільки разів потрібно виконувати ту або іншу дію? Ми просто знаємо, що потрібно зупинитися при виконанні певної умови. Наприклад, нехай у тій самій деталі (рис. 6.8) свердяться отвори, причому центр першого з отворів знаходиться на відстані S від лівого краю деталі, а край останнього отвору повинен знаходитися на відстані B від правого краю деталі (рис. 6.9).

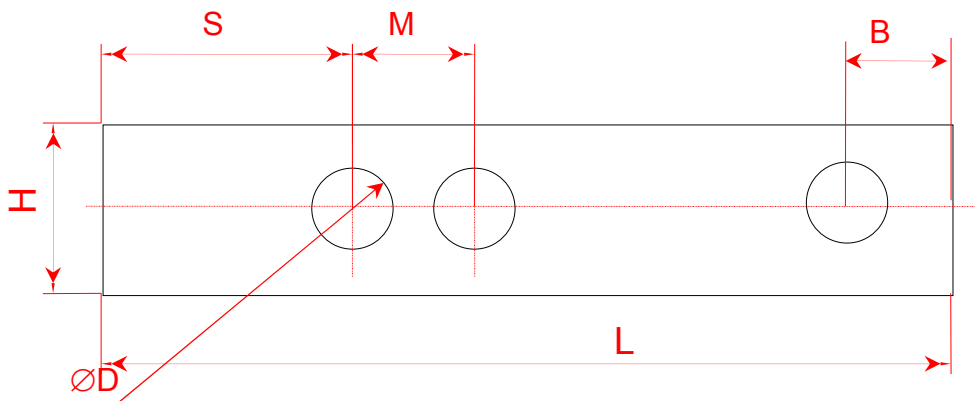


Рис. 6.9 – Використання циклу WHILE

Звичайно, можна розрахувати число отворів. А можна просто малювати їх до тих пір, поки дотримується умова:

$$x_R - x + \frac{D}{2} \leq B \quad (6.1)$$

де x – поточна координата центру отвору;

x_R – координата правого краю деталі.

У Ліспі цикл за умовою задається функцією WHILE:

```
(WHILE c f1 f2 ... fm)
```

Тут c – логічна умова. Цикл виконується доки ця умова істинна.

У нашому випадку ($p0$ – координати лівого нижнього кута деталі):

```
; координата x правого кінця деталі
(SETQ pr (+ (CAR p0) L))
; Координата центру першого отвору
(SETQ x (+ (CAR p0) S))
(WHILE (< (- xr (+ x (/ D 2))) B)
  (COMMAND "CIRCLE"
    (LIST x (+ (CADR p0) H)) D)
  (SETQ x (+ x m))
)
```

Зверніть увагу: при використанні циклу WHILE потрібно поклопотатися про завдання початкових умов (у даному прикладі – про

присвоєння змінній x координати першого отвору), оскільки умова перевіряється ДО входу у цикл i , у випадку її невиконання, цикл WHILE не виконується жодного разу.

Цикл WHILE можна помилково зробити "вічним". Щоб цього не відбувалося, в тілі циклу повинні обов'язково змінюватися змінні, що входять в умову циклу. При зацикленні інколи не вдається перервати цикл за допомогою Ctrl+C і доводиться перезавантажувати комп'ютер.

Ще одне застосування циклу WHILE – повернення до початку програми. Наприклад, потрібно щось намалювати і запитати у користувача "Повторити? Так/Ні". Найпростіший спосіб зробити це – використовувати змінну логічного типу, до якої можна записати результат перевірки умови і яку можна використовувати у якості умови циклу WHILE. Наприклад:

```
; Завдання початкової умови
(SETQ flag T)
(WHILE flag
  ....
  ....
  (SETQ ans (GETSTRING "\nПовторити?<Y/N>"))
  (SETQ flag (= (STRCASE ans) "Y")))
); кінець циклу
```

Працює цей фрагмент коду таким чином: в якості умови циклу задана змінна `flag`. Це означає, що цикл виконується, якщо до цієї змінної записано логічне значення "істина", тобто `T`. У середині циклу змінну `flag` потрібно обов'язково змінювати, інакше станеться зациклення. Це робиться простим способом: вводимо з клавіатури літеру ("Y" або "N"),

переводимо її у верхній регістр функцією `STRCASE` (для зручності користувача – він зможе вводити і заголовні, і рядкові букви; з українськими літерами функція `STRCASE` не працює) і потім порівнюємо із значенням "Y". Результат будь-якого порівняння – або T (введена буква "Y"), або NIL (введена інша буква). Цей результат ми і записуємо до змінної `flag`. Потім управління передається знову на початок циклу і робиться перевірка: якщо `flag=T` – цикл виконується знову, а якщо `flag=NIL` – цикл зупиняється.

В Ліспі немає циклу із змінною, яка міняється від `min` до `max` із заданим кроком. Але такі цикли є практично у всіх інших мовах програмування. У чому ж справа? У тому, що список – особлива структура даних. Найчастіше цикл із змінною потрібний для перебору всіх елементів масиву і їх обробки (наприклад, підсумовування для знаходження середнього). У Ліспі для обробки кожного елемента списку передбачено два особливі цикли: `FOREACH` і `MAPCAR`.

Немає необхідності штучно (за допомогою циклу `WHILE`) створювати цикл із змінною для проходження за списком!

Розглянемо цикл `FOREACH`:

```
(FOREACH name List exp)
```

Тут `name` – ім'я змінної, в яку послідовно записуються елементи списку `List`, а `exp` – вираз Ліспу, що виконується. Розглянемо роботу циклу на прикладі. Нехай потрібно підсумувати всі елементи списку `data` і записати суму в змінну `s`. Робиться це так:

```
; Обнулення суми  
(SETQ s 0)
```

```
(FOREACH cur data (SETQ s (+ s cur)))
```

При виконанні цього фрагмента відбувається наступне: береться список `data`, кожен його елемент по черзі, починаючи з першого, записується в змінну `cur`, після чого виконується вираз

```
(SETQ s (+ s cur))
```

Функція `FOREACH` має одним зі своїх параметрів не число або рядок, а вираз Ліспу, оскільки він є просто списком – ще одна можливість, відсутня в більшості інших мов програмування.

Якщо потрібно виконати складну дію над елементами списку, є два шляхи: написати для цього окрему функцію і викликати її з `FOREACH`, передаючи їй поточний елемент списку як параметр, або об'єднати декілька виразів за допомогою функції `PROGN`. Наприклад, якщо потрібно і скласти, і перемножити елементи списку, це можна зробити в одному циклі:

```
; Ініціалізація суми і добутку
(SETQ s 0 p 1)
(FOREACH cur data
  (PROGN (SETQ s (+ s cur))
         (SETQ P (* p cur))
        )
  )
)
```

У Ліспі немає можливості змінити значення окремого елемента списку, хоча така задача виникає досить часто. Наприклад, при

масштабуванні зображення потрібно всі елементи списку розмірів `size` домножити на масштабний коефіцієнт `k`.

Існує елегантний спосіб зробити це за допомогою функції `MAPCAR`. На жаль, в більшості книг з Ліспу призначення функції `MAPCAR` або не роз'яснюється зовсім, або роз'яснюється невірно. Її загальний вигляд:

```
(MAPCAR 'f L1 L2 ... Ln)
```

`MAPCAR` виконує функцію `f` по черзі над першими, другими, третіми елементами списків `L1 ... Ln`. При цьому `n` має дорівнювати кількості аргументів функції `f`, а всі списки `L1 ... Ln` повинні містити однакову кількість елементів. Найголовніше – функція повертає список результатів виконання функції `f`.

Перед функцією потрібно ставити апостроф, тому що `MAPCAR` потрібно посилання на те місце в пам'яті, де ця функція знаходиться, а не результат виконання цієї функції.

Розглянемо роботу функції на прикладі. Отже, потрібно помножити всі елементи списку `size` на масштабний коефіцієнт `k`. Функція множення вимагає як мінімум два аргументи, в даному випадку – поточний елемент списку і коефіцієнт `k`.

Насамперед нам доведеться сформувати допоміжний список `coeff`, що складається із стількох значень `k`, скільки є розмірів в списку `size`: адже функції множення на вхід подаються пари значень, і для кожного елемента списку `size` потрібно явно вказати другий співмножник.

```
(SETQ coeff NIL)
(REPEAT (LENGTH size)
```

```
(SETQ coeff (APPEND coeff (LIST k)))  
); REPEAT
```

Після цього можна застосувати функцію MAPCAR:

```
(SETQ size (MAPCAR '* size coeff))
```

Таке рішення працездатне, але не найкраще: доводиться створювати зайвий список `coeff`. Аби цього уникнути, можна було б написати окрему функцію множення на коефіцієнт `k`. Але знову виникає проблема: як передати в неї значення?

Для вирішення подібних казусів було розроблено так зване λ -числення Черча. Воно представляє собою математичний апарат для опису функцій. У Ліспі λ -числення полягає в наявності можливості створити "одноразову" функцію, що навіть не має свого імені. Причому усередині цієї функції будуть видимі всі поточні локальні змінні, тобто для нашого прикладу знімається питання передачі значення `k` – воно буде видне в такій не поіменованій функції, залишиться лише подавати на її вхід поодиноці значення елементів списку `size`. "Одноразова" функція створюється функцією Ліспу LAMBDA:

```
(LAMBDA (arg1 ... argn) expr1 ... exprm) .
```

Тут `arg1 ... argn` – список аргументів "одноразової" функції, а `expr1 ... exprm` – вирази Ліспу, що виконують операції над аргументами.

Як і при визначенні функції за допомогою UN, "одноразова" функція повертає результат обчислення останнього виразу, тобто `exprm`.

Функція LAMBDA повертає створювану нею тимчасову функцію. Тому її можна прямо записати як аргумент функції MAPCAR, не забуваючи поставити апостроф для придушення її виконання:

```
(MAPCAR  
  '(LAMBDA (x) (* x k))  
  size  
)
```

Тут визначена функція, що обчислюється для кожного елементу списку size і має один аргумент x. Отримані добутки збираються у список, що повертається функцією MAPCAR.

6.14. Основи параметричного проектування

Відповідно до загальної ідеології системи Автокад головне її призначення – зовсім не малювання креслень на комп'ютері (це призводить до падіння продуктивності праці конструкторів у 2..3 рази), а створення на її основі спеціалізованої САПР певного класу виробів. Такі САПР різко, в 15...20 раз (результати впровадження САПР, розроблених на кафедрі АСС ТУЛГУ) підвищують продуктивність праці.

Як же треба правильно використовувати Автокад? Аналіз роботи конструкторсько-технологічних служб низки промислових підприємств дозволив встановити, що одна з найбільш трудомістких проектних процедур в ході КТПП – розробка конструкторської документації на ряд близьких за конструкцією деталей і складальних одиниць (ДСО), що відрізняються в основному своїми розмірними параметрами або

варіантами виконання. Ця процедура є трудомістким і нетворчим процесом з низькою продуктивністю і високою вірогідністю внесення помилок. Особливо часто потрібно випускати конструкторську документацію на засоби технологічного оснащення (ЗТО) машинобудівного виробництва: лещата, кондуктори, прес-форми тощо, причому підготовка цієї документації повинна вестися випереджаючими темпами для забезпечення часу на виготовлення ЗТО до моменту запуску виробу у виробництво.

Слід чітко визначити, які вироби можна вважати такими, що підлягають параметризації. При аналізі 2D-проекцій деталі видно, що вони можуть бути розбиті на елементарні графічні примітиви: відрізки і дуги (Рис. 6.10, а). Кожен примітив однозначно визначається координатами своїх базових точок: початковою і кінцевою точками, координатами центру дуги, тощо. Тоді проекцію можна представити у вигляді графа, вершини якого відповідають базовим точкам, а ребра – параметричним зв'язкам між ними (Рис. 6.10, б).

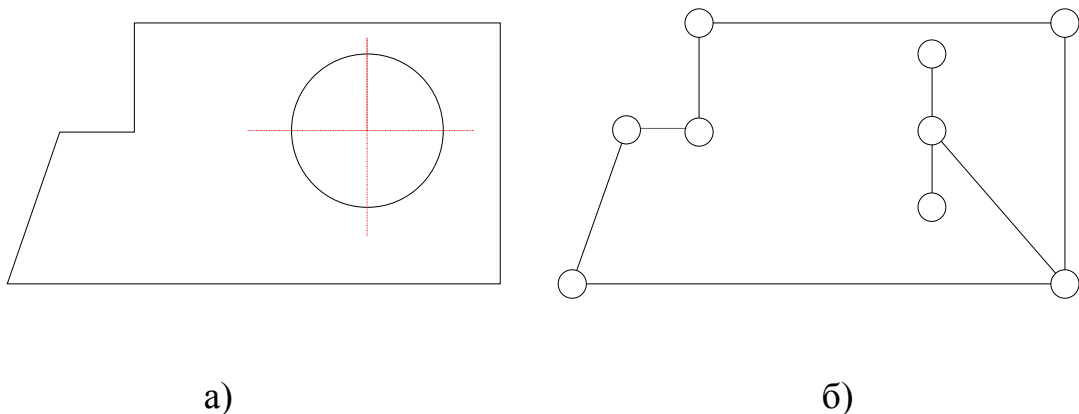


Рис. 6.10 – Проекція деталі (а) і її подання у вигляді графа (б)

Кожен зв'язок i - j , який проходить від i -ї до j -ї базової точки є вектором параметрів

$$\left(\overline{d_{ij}}, \alpha_{ij}\right), \quad (6.3)$$

де d_{ij} – відстань від точки і до точки j;

α_{ij} – кут між прямою, що проходить через точки і та j та прямою, вибраною за початок відліку кутів.

Введемо наступне визначення:

Два об'єкти називаються конструктивно подібними, якщо їх відповідні проекції представляються одними і тими ж графами.

Використання графів дає можливість, задаючи довільні координати її базової точки, однозначно визначити координати усіх інших базових точок при обході графа за формулами:

$$\left. \begin{aligned} x_j &= x_i + d_{ij} \cdot \cos\alpha_{ij} \\ y_j &= y_i + d_{ij} \cdot \sin\alpha_{ij} \end{aligned} \right\} \quad (6.4)$$

Таким чином, маючи граф, що описує сімейство однотипних об'єктів, конструктору досить задати розмірні зв'язки між його базовими точками, а спеціалізована САПР виконає обхід графа, розрахунок координат і побудову отриманої проекції. Для цього представимо граф у вигляді функції відображення (топологічній функції) вигляду

$$\mathfrak{R}(x, y, \bar{d}), \quad (6.5)$$

де x, y – координати початкової точки; \bar{d} – вектор параметрів графа.

Багато виробів подається у вигляді варіантних креслень, коли виріб складається із постійної частини з варійованими розмірами і варіантної частини з унікальною геометрією. Наприклад, для верстатних лещат проектується унікальні губки під кожну конкретну деталь, що фіксується цими лещатами, але корпус, ходовий гвинт, струбцина і інші ДСО лещат залишаються конструктивно незмінними. В даному випадку визначення конструктивно подібного виробу не виконується. Тому необхідно ввести поняття варіанту конструкції, для чого слід розбити граф проекції на постійну (константну) частину С і змінну частину V. Тоді досить зажадати відповідності графів лише константних частин для їх автоматизованого параметричного проектування, а варіантні частини, що є унікальними, проектується із застосуванням універсальних САПР з подальшим об'єднанням частин С і V.

Дуже часто конструктору доводиться випускати документацію на ряд виробів, які відрізняються лише своїми розмірами (лінійними або кутовими), а форма їх залишається незмінною. Яскравим прикладом таких виробів є технологічне оснащення: кондуктори, вимірювальний інструмент, прес-форми тощо (рис. 6.11).

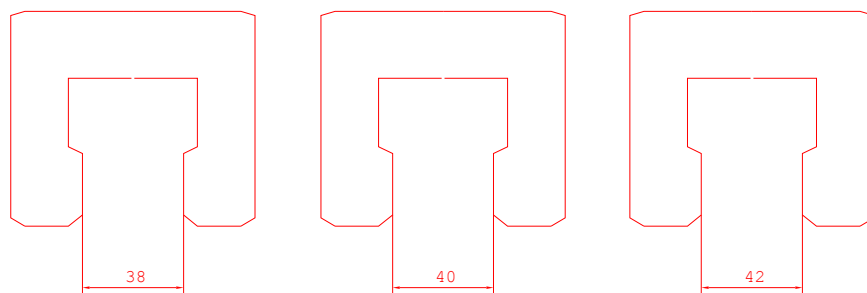


Рис. 6.11 – Конструктивно однорідні вироби

Сутність параметричного проектування полягає в створенні математичної моделі класу конструктивно однорідних виробів і генерації зображень цих виробів за набором розмірних параметрів, що задаються.

При параметричному проектуванні конструктор запускає програму, розраховану на певний клас виробів, і вводить необхідні розміри. Програма виводить на екран креслення деталі. Конструктор оцінює його і при необхідності вводить розміри знову, повторюючи процедуру до досягнення необхідного результату. Одночасно може виконуватися розрахунок маси деталі, що дозволяє контролювати її в процесі проектування.

Проекція виробу у вигляді векторного зображення складається з множини базових геометричних елементів – відрізків та дуг. Положення цих елементів на площині визначається координатами їх базових точок (Рис. 6.12). Для відрізків базовими крапками є його початок і кінець, а для дуги – початок, кінець і центр (дугу можна задати і через інші параметри: радіус, кут, напрям тощо, Автокад підтримує 18 способів завдання дуги).

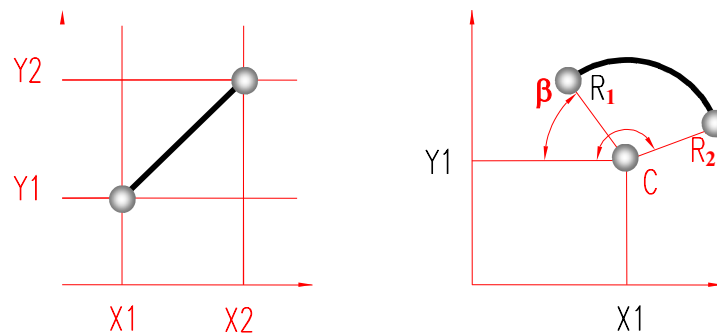


Рис. 6.12 – Базові точки геометричних примітивів

Таким чином, програма-параметризатор працює за наступним алгоритмом:

1. Введення вихідних даних;
2. Відрисовка поточного варіанту;

3. Запит користувачеві: повторити?
4. Якщо так, то перехід на п. 1;
5. Кінець.

Поза сумнівом, тут потрібний великий цикл типа WHILE, який вже розглядали в подібній ситуації. Спробуємо написати простий параметризатор для циліндричної деталі, зображеної на рисунку 6.13.



Рис. 6.13 – Задана геометрія деталі

Спочатку потрібно визначитися з координатами базових точок. Оскільки проекція симетрична, досить знайти координати лише двох точок А і В. Нижня половина проекції відмалює автоматично за допомогою команди Автокада ЗЕРКАЛО. Не потрібно робити зайву роботу замість комп'ютера: комп'ютер повинен працювати, а людина – думати.

Визначимо розмірні параметри деталі. Вочевидь, їх два: довжина циліндра та його діаметр. Для складних деталей можливі різні набори розмірів, відповідний набір обирається з технологічних міркувань.

Для розрахунку необхідно задатися точкою прив'язки – опорною точкою, що визначає положення проекції на аркуші креслення. Домовимося вважати опорною точкою лівий кінець осьової лінії. Також, зазирнувши у нормативи ЄСКД, домовимося, що осьова лінія виходить за контур на 5мм.

Отже, на вході функції:

- а) координата X точки прив'язки;
- б) координата Y точки прив'язки;
- в) довжина циліндра L ;
- г) діаметр циліндра D .

Потрібно знайти:

- а) координату X точки A (позначимо AX);
- б) координату Y точки A (позначимо AY);
- в) координату X точки B (позначимо BX);
- г) координату Y точки B (позначимо BY).

Вочевидь, що:

$$\begin{aligned} A_x &= X + 5; & B_x &= X + 5 + L \\ A_y &= Y + \frac{D}{2}; & B_y &= Y + \frac{D}{2} \end{aligned} \quad (6.6)$$

Вважатимемо, що наша функція відображення (назвемо її `show`) викликається з деякої головної функції і їй передаються параметри x , y , L , d (координати точки прив'язки, довжина і діаметр циліндра відповідно). Результати розрахунку потрібно записувати в локальні змінні функції `show`. З міркувань економії пам'яті та хорошого стилю програмування обмежимося тільки двома локальними змінними: до змінної `tmp` заноситимемо поточні результати розрахунків, а у змінну `lst` – список розрахованих координат. Цей список складатиметься з двох елементів (точки A і B), кожен з яких, у свою чергу, теж буде списком (двох координат X і Y відповідної точки).

Складемо програму:

```
(DEFUN show (x y d L / tmp Lst)
; x, y, s, L - параметри
; tmp, Lst - локальні змінні
; координата x точки A записується в змінну tmp
(SETQ tmp (+ x 5))
; у змінну Lst записується список координат
; точки A
(SETQ Lst (LIST tmp (+ y (/ d 2))))
; координата x точки B записується в змінну tmp
(SETQ tmp (+ x 5 L))
; у змінну tmp записується список координат
; точки B
(SETQ tmp (LIST tmp (+ y (/ d 2))))
; у список Lst додається точка B
(SETQ Lst (LIST Lst tmp))
); кінець функції
```

Лістинг 6.1 – Функція розрахунку координат базових точок

Побудову зображення буде виконувати також функція show.

```
; Видаляємо всі об'єкти
(COMMAND "СОТРИ" "РАМКА" '(-10000 -10000) '(10000
10000) "")
; Малюємо осьову лінію червоним кольором (код 1)
; і штрих-пунктиром (тип лінії CENTER)
(COMMAND "ЦВЕТ" 1 "ТИПЛИН" "У" "CENTER" "")
(COMMAND "ПЛИНИЯ" (LIST x в) (LIST (+ x L 10) у) "")
; Малюємо контур деталі білим кольором (код 1)
; і суцільною лінією (тип лінії CONTINUOUS)
(COMMAND "ЦВЕТ" 7 "ТИПЛИН" "У" "CONTINUOUS" "")
(COMMAND "ПЛИНИЯ"
(LIST (+ x 5) у) ; ліва точка перетину осьової
; лінії із контуром
(CAR Lst) ; точка А
(CADR Lst) ; точка В
(LIST (+ x L 5) у) ; права точка перетину осьової
лінії із контуром
") ; переривання команди "ПЛИНИЯ"
(COMMAND "ЗЕРКАЛО"
(CAR Lst) ; вибрали об'єкт, вказавши точку А
" ; перервали вибір об'єктів
(LIST x у) ; перша точка осьової лінії -
; точка перетину контуру із осьовою лінією зліва
(LIST (+ x 5) у) ; друга точка осьової лінії
"Н") ; старі об'єкти не видаляти
; Проставляємо довжину
```

```

(COMMAND "ЦВЕТ" 1)
(COMMAND "РАЗМЕР1"
"ГОР" ; розмір горизонтальний
(CAR Lst) ; початок першої виносної лінії-точка А
(CADR Lst) ; початок другої виносної лінії-точка В
(POLAR (CAR Lst) (/ PI 2) 30) ; розмірна лінія
; відстоїть від контуру на 30мм
") ; розмірний текст ставиться автоматично
; Проставляємо діаметр
(COMMAND "РАЗМЕР1" "ВЕРТ" (CADR Lst)
(LIST (CAR (CADR Lst)) (- (CADR (CADR Lst)) d))
(POLAR (CADR Lst) 0 30)
; "@" - знак діаметру в шрифті eskd.shx
; Після нього виводимо діаметр, перетворений
; у текстовий рядок
(STRCAT "@" (RTOS d 2 2))
(COMMAND "ПОКАЖИ" "ВСЕ")
); кінець функції

```

Лістинг 6.2 – Функція розрахунку координат базових точок і побудови зображення

Розмірні параметри конкретного виробу вводяться конструктором з клавіатури. Слід пам'ятати, що людині властиво помилятися, а також розважатися, вводячи слово "Вася" у відповідь на запит "Введіть діаметр". Тому у функції введення даних слід передбачити мінімальний захист від введення некоректних значень. Для цього використовується функція INITGET.

Отже, функція введення даних на вході не має параметрів, проте вона має повертати декілька чисел. Єдиний спосіб повернути декілька значень – об'єднати їх в список. Тепер ми можемо написати функцію введення даних для нашого прикладу (назвемо її `getdim`).

```
(DEFUN getdim (/ L d)
; введення довжини і діаметру
; список, що повертається: (діаметр довжина)
(INITGET 7) ; заборона порожнього введення і
введення чисел <=0
(SETQ L (GETREAL "\nВведіть довжину: "))
(INITGET 7)
(SETQ d (GETREAL "\nВведіть діаметр: "))
(LIST d L) ; значення, що повертається
) ; кінець функції getdim
```

Лістинг 6.3 – Функція введення параметрів

Головна функція має виконувати підготовчі операції (наприклад, встановлення системних змінних `Автокада` для побудови розмірів відповідно до вимог ЄСКД) і циклічний виклик двох останніх функцій: `getdim` і `show`. Для зручності перед ім'ям головної функції можна додати символи "C:". Тоді в `Автокаді` з'явиться нова команда з ім'ям вашої головної функції і можна буде не набирати дужки при її виклику. У прикладі головна функція називається `C:main`, тому для її виклику в командному рядку `Автокада` досить набрати `main`.

Самостійно розберіться з одним з можливих варіантів організації циклу, що наведений у прикладі.

```

(DEFUN C:main (/ L x в flag)
  ; Встановлюємо розмірні змінні згідно ЄСКД
  ; Текст над розмірною лінією, а не в розриві
  (SETVAR "DIMTAD" 1)
  ; Текст поза розм. лініями паралельний лініям
  (SETVAR "DIMTON" 0)
  ; Текст між розмірними лініями горизонтальний
  (SETVAR "DIMTIH" 0)
  ; Проведення лінії між виносними, текст збоку
  (SETVAR "DIMTOFL" 1)
  ; Продовження виносних ліній за розмірними, мм
  (SETVAR "DIMEXE" 1)
  ; Відключення генерації допусків
  (SETVAR "DIMTOL" 0)
  (SETVAR "DIMASZ" 3) ; Розмір стрілок
  ; Продовження виносних ліній за розмірну
  (SETVAR "DIMEXE" 3)
  (SETQ flag T)
  (WHILE flag
    (SETQ L (getdim) x 10 в 10)
    (show x y (CAR L) (CADR L))
    (SETQ ans (GETSTRING "\nПовторити?<Т/Н>: "))
    (SETQ flag (OR (= ans "Т") (= ans "т"))))
  ); кінець WHILE
  (PRIN1)
)

```

Лістинг 6.4 – Головна функція

7. Список рекомендованої літератури

1. Беспалов А. В. Системы управления химико-технологическими процессами : учебник для вузов / А. В. Беспалов, Н. И. Харитонов. — М. : Академкнига, 2007. — 690 с.
2. Емельянов А. И. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие по содержанию и оформлению проектов / А. И. Емельянов, О. В. Капник. — М. : Энергоатомиздат, 1983. — 400 с.
3. Жученко А. І. Теорія автоматичного керування. Терміни, поняття, визначення: Довідник для студ. напряму «Автоматизація та компютерно-інтегровані технології» / А. І. Жученко, Т. В. Аверіна. — К. : НТУУ «КПІ», 2006. — 52 с.
4. Кваско М. З. Проектування і дослідження дискретних систем автоматичного керування технологічними процесами [Текст]: навч. посіб. // М. З. Кваско, М. С. Піргач, Т. В. Аверіна. — К. : ІВЦ «Видавництво "Політехніка"», 2003. — 360 с. — ISBN 966-622-116-0.
5. Клюев А. С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие /А. С. Клюев, ред. А. С. Клюева, А. Х. Дубровский, А. А. Клюев; Под. ред. А. С. Клюева. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 464 с. — ISBN 5-283-01505-X.
6. Клюев А. С. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля / А. С. Клюев, Б. В. Глазов, М. Б. Миндин, С. А. Клюев; Под. ред. А. С. Клюева. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 432 с. — ISBN 5-283-01560-2.
7. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 1/ А. Л. Нестеров. — СПб. : Издательство ДЕАН, 2006. — 552 с. —ISBN 5-93630-530-9.

8. Справочник проектировщика АСУ ТП / Г. Л. Смилянский, Л. З. Амлинский, В. Я. Баранов и др.; Под ред. Г. Л. Смилянского. – М. : Машиностроение, 1983. – 527 с.
9. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. – М. : Инфра–Инженерия. – 2008. – 928 с. – ISBN 978-5-9729-0019-0.
10. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению : ГОСТ 2.701-2008. — [На заміну ГОСТ 2.701-84 ; чинний від 2009—07—01]. — М. : Стандартиформ, 2009. — 15 с.
11. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем : ГОСТ 2.702-75. — [Издание (октябрь 2000 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, утвержденными в феврале 1980 г., августе 1985 г., июле 1991 г. (ИУС 4-80, 11-85, 10-91) ; чинний від 1977—07—01]. — М. : Стандартиформ, 2000. — 23 с.
12. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники : ГОСТ 2.708-81. — [На заміну ГОСТ 2.708-72 ; Переиздание (01.11.2007 г.) ; чинний від 1982—01—01]. — М. : Стандартиформ, 2008. — 15 с.
13. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах : ГОСТ 2.709-89. — [На заміну ГОСТ 2.709-72 ; Переиздание (март 2002 г.) ; чинний від 1990—01—01]. — М. : Стандартиформ, 2002. — 7 с.
14. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах : ГОСТ 2.710-81. — [На заміну ГОСТ 2.710-75 ; Издание (апрель 2001) с Изменением № 1,

- утвержденным в марте 1989 г. (ИУС 7-89); чинний від 1981—07—01]. — М. : Стандартиформ, 2001. — 9 с.
- 15.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения : ГОСТ 2.721-74. — [Взамен ГОСТ 2.721-68, ГОСТ 2.783-69, ГОСТ 2.750-68, ГОСТ 2.751-73; Издание (ноябрь 2007 г.) с Изменениями 1, 2, 3, 4, утвержденными в марте 1981 г., апреле 1987 г., июле 1991 г., марте 1994 г (ИУС №6-81, 7-87, 10-91, 5-94); чинний від 1975—07—01]. — М. : Стандартиформ, 2008. — 33 с.
- 16.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические : ГОСТ 2.722-68. — [Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 4; Издание (февраль 2002 г.) с Изменениями 1, 2, 3, утвержденными в марте 1981 г., июле 1991 г., марте 1994 г (ИУС №6-81, 10-91, 5-94); чинний від 1971—01—01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2002. — 16 с.
- 17.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители : ГОСТ 2.723-68. — [Издание (2002 г.) с Изменениями 1, 2, 3, утвержденными в июле 1981 г., январе 1992 г., июле 1994 г (ИУС №6-81, 10-91, 5-94); чинний від 1971—01—01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2002. — 11 с.
- 18.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие : ГОСТ 2.725-68. — [Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 8; Переиздание (апрель 2010 г.); чинний від 1971—01—01]. — М. : Стандартиформ, 2010. — 5 с.
- 19.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители : ГОСТ 2.727-68. —

- [Взамен ГОСТ 7624—62 в части разд. 7; Издание (май 2002 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в декабре 1980 г., октябре 1993 г. (ИУС 3—81, 5—94); чинний від 1971—01—01]. — М. : Стандартиформ, 2002. — 5 с.
20. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы : ГОСТ 2.728-74. — [Взамен ГОСТ 2.728-68, ГОСТ 2.729-68 в части п. 12 и ГОСТ 2.747-68 в части подпунктов 24, 25 таблицы; Издание (май 2002 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в августе 1980 г., июле 1991 г. (ИУС № 11-80, 10-91); чинний від 1975—07—01]. — М. : Стандартиформ, 2002. — 11 с.
21. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные : ГОСТ 2.729-68. — [Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 6; Издание (май 2002 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, утвержденными в октябре 1981 г., октябре 1990 г., октябре 1993 г. (ИУС 11-81, 1-91, 5-94); чинний від 1971—01—01]. — М. : Стандартиформ, 2002. — 6 с.
22. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые : ГОСТ 2.730-73.
23. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электровакуумные : ГОСТ 2.731-81. — [Взамен ГОСТ 2.731-68 ; Издание (май 2010 г.) с Изменениями № 1, утвержденным в 1988 г. ; чинний від 1981—07—01]. — М. : Стандартиформ, 2010. — 22 с.
24. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Источники света : ГОСТ 2.732-68. — [Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 12, подразд. Ж; Переиздание (2010 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, утвержденными в декабре 1980 г., апреле 1987

- г., марте 1994 г. (ИУС 3-81, 7-87, 5-94) ; чинний від 1971—01—01]. — М. : Стандартиформ, 2010. — 7 с.
- 25.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические детекторов ионизирующих излучений в схемах : ГОСТ 2.733-68. — [Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 12, подразд. Ж; Издание (январь 2002 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в декабре 1980 г., апреле 1987 г. (ИУС 3-81, 7-87) ; чинний від 1971—01—01]. — М. : Стандартиформ, 2002. — 5 с.
- 26.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Линии сверхвысокой частоты и их элементы : ГОСТ 2.734-68. — [Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 14; Издание (январь 2010 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в марте 1981 г., марте 1994 г. (ИУС 6-81, 5-94) ; чинний від 1971—01—01]. — М. : Стандартиформ, 2010. — 12 с.
- 27.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы пьезоэлектрические и магнитострикционные. Линии задержки : ГОСТ 2.736-68. — [Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 20, пп. 20.14 и 20.15; Издание (май 2010 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в июне 1984 г., апреле 1987 г. (ИУС 10-84, 7-97) ; чинний від 1971—01—01]. — М. : Стандартиформ, 2010. — 6 с.
- 28.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические : ГОСТ 2.741-68. — [Взамен ГОСТ 7624-62 в части разд. 18 и 19; Издание (май 2010 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, утвержденными в июле 1980 г., апреле 1987 г., марте 1994 г. (ИУС 11-80, 7-87, 5-94) ; чинний від 1971—01—01]. — М. : Стандартиформ, 2010. — 7 с.

- 29.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Источники тока электрохимические : ГОСТ 2.742-68. – [Заменен на ГОСТ 2.768-90 с 1.01.1991 г. (ИУС 1-91)].
- 30.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Источники электрохимические, электротермические и тепловые : ГОСТ 2.768-90. – [Перездание (ноябрь 2004 г.); чинний від 1992—01—01]. — М. : Стандартиформ, 204. – 5 с.
- 31.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники : ГОСТ 2.743-91. – [Взамен ГОСТ 2.743-82; Переиздание (февраль 2003 г.) ; чинний від 1993—01—01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2003. – 44 с.
- 32.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений : ГОСТ 2.747-68. – [Издание (январь 2001 г.) с Изменениям № 1, утвержденными в июле 1991 г. (ИУС 10-91); чинний від 1971—01—01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2001. – 4 с.
- 33.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы и устройства железнодорожной сигнализации, централизации и блокировки [для случаев, когда эта аппаратура используется в схемах автоматизации технологических процессов] : ГОСТ 2.749-84. – [Взамен ГОСТ 2.749-70; Издание (январь 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в марте 1987 г. (ИУС 6-87); чинний від 1985—01—01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2001. – 21 с.
- 34.Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Устройства телемеханики : ГОСТ 2.752-71. – [Издание (октябрь 2000 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, утвержденными в марте 1981 г.; Пост. № 1532 от 25.03.81, декабре 1985 г., апреле 1987 г.

- (ИУС 6-81, 2-86, 7-87); чинний від 1972—01—01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2000. — 7 с.
35. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения : ГОСТ 2.755-87. — [Взамен ГОСТ 2.755-74, ГОСТ 2.738-68, кроме п. 7 табл. 1; Переиздание (ноябрь 2004 г.); чинний від 1988—01—01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2004. — 11 с.
36. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Воспринимающая часть электромеханических устройств : ГОСТ 2.756-76. — [Взамен ГОСТ 2.724-68, ГОСТ 2.725-68 в части п. 9 (обозначения обмоток реле, контакторов и магнитных пускателей); Издание (ноябрь 2004 г.) с Изменением № 1 утвержденным в июле 1980 г. (ИУС 11-80) ; чинний від 1978—01—01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2004. — 5 с.
37. ГОСТ 2.759-82. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техники : ГОСТ 2.759-82. — [Издание (ноябрь 2004 г.) с Изменением № 1 утвержденным в апреле 1987 г. (ИУС 7-87) ; чинний від 1983—07—01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2004. — 7 с.
38. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів : ДСТУ Б А.2.4-3:2009 — [На заміну ДСТУ Б А.2.4-3-95 (ГОСТ 21.408-93) ; чинний від 2010—01—01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2009. — 54 с.
39. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки : ГОСТ 14202-69 — [Переиздание (сентябрь 2001 г.) ; чинний від 1971—01—01]. — М. : ИПК Издательство Стандартов, 2001. — 15 с.

- 40.Гладков С. А. Программирование на языке Автолисп в системе САПР Автокад / С. А. Гладков. – М.: Диалог-МИФИ, 1991. – 96 с. ISBN: 5-86404-012-6 / 5864040126
- 41.Бугрименко Г. А. АВТОЛИСП – язык графического программирования в системе AutoCAD / Г. А. Бугрименко. – М. : Машиностроение, 1992 . – 144 с. – (Пользователю ПК) . – ISBN 5-217-02460-7.
- 42.Хювёнен Э. Мир Лиспа. У 2-х тт./ Э. Хювёнен, Й. Сеппанен. – М.: Мир, 1985. – 458с.
- 43.Филд А. Функциональное программирование/ А. Филд, П. Харрисон. Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 638с.

Додаток 1. Основні поняття і визначення

(за ДСТУ 3956-2000 та ДСТУ 2226-93)

Автоматизація – впровадження автоматичних засобів для реалізації процесів (en automation)

Алгоритм - скінченний набір приписів, який визначає розв'язок задачі шляхом скінченної кількості операцій

Алгоритм керування – алгоритм, за яким визначається керування в реальному часі

Аналогові дані – дані, елементи яких вибирають із множини усіх дійсних чисел, визначених на деякому інтервалі. (en analog data)

Вихідне діяння – діяння, направлене з входу об'єкта. (en output action)

Внутрішнє діяння – діяння одного компонента системи на інший або інші компоненти, яке змінює стан системи та (або) його процеси, що в ній відбуваються. (en internal action)

Вхідне діяння – діяння, прикладене до входу об'єкта. (en input action)

Дискретні дані – дані, елементи яких вибрано із скінченного ряду дійсних чисел, які чітко відрізняються одне від одного. (en discrete data)

Забезпечення технічне автоматизованої системи - сукупність технічних та комунікаційних засобів, що використовуються під час функціонування АС

Засоби технічні автоматизованої системи - сукупність апаратних і комунікаційних засобів, носіїв даних та допоміжних матеріалів, що забезпечують реалізацію функцій АС

Значення параметра – кількісна оцінка параметра, яка збігається із значенням фізичної величини, що його характеризує. Примітка. Значення фізичної величини відображається у вигляді її числового значення із позначенням одиниці цієї фізичної величини.

Зовнішнє діяння – діяння на об'єкт з боку іншого або інших об'єктів зовнішнього середовища. (en external action)

Інформація - відомості призначені для пересилання, зберігання оброблення та використання. (en information)

Керівне діяння – діяння на об'єкт керування, здатне бажаним чином змінювати його стан або функціонування. (en controlling action)

Керований (вкерований) параметр - параметр об'єкта, залежний від керівного діяння та який беруть до уваги, визначаючи ступінь досягнення мети керування. (en controlled [controllabl] parameter)

Керування – сукупність цілеспрямованих дій, що включає оцінку ситуації та стану об'єкта керування, вибір керівних дій та їх реалізацію. (en control)

Мета керування – бажані значення (співвідношення значень) параметрів та (або) процесів, які вважаються найкращими за певних умов для об'єкта керування

Об'єкт автоматизації - сукупність функцій людини чи людино-машинного комплексу, що підлягають автоматизації

Об'єкт керування - умовно відокремлена частина системи, на яку впливає система керування для досягнення необхідного результату. (en controlled object)

Повідомлення – дані, що мають смислове значення, призначені для передавання, оброблення та використання

Процес автоматизований – процес здійснюваний за сумісною участю людини та засобів автоматизації

Процес автоматичний - процес, здійснюваний без участі людини (en automatic process)

Сигнал - діяння, організоване для пересилання даних. (en signal)

Система – сукупність взаємопов'язаних елементів, що мають певну цілісність, єдність цілей та режимів функціонування. (en system)

Система автоматизована (АС) - організаційно-технічна система, що складається із засобів автоматизації певного виду (чи кількох видів) діяльності людей та персоналу, що здійснює цю діяльність. (en automated system, AS)

Система автоматизована інтегрована - сукупність двох і більше взаємопов'язаних АС, в якій функціонування однієї (кількох) з них залежить від результатів функціонування іншої (інших) так, що цю сукупність можна розглядати як одну АС (en integrated AS)

Система керування автоматизована - АС призначена для автоматизації процесів збирання та пересилання інформації про об'єкт керування, її перероблення та видачі керівних дій на об'єкт керування

Система керування технологічним процесом автоматизована (АСК ТП) - АС, призначена для оптимізації керування технологічними процесами виробництва. (en process control system)

Схема функційна автоматизованої системи - специфікація функцій складових частин АС та їх функційних співвідношень (en AS functional diagram, ru схема функциональная автоматизированной системы).

Технологічний об'єкт – технологічне обладнання, яке розглядається разом із технологічним процесом, що реалізується на цьому обладнанні згідно з відповідними технологічними інструкціями та регламентами. (en technological object)

Технологічний об'єкт керування (контролю, діагностування) - технологічний об'єкт, який розглядають як об'єкт керування (контролю, діагностування). (en technological object of control [check, diagnostics])

Технологічний процес – частина промислового процесу, яка безпосередньо пов'язана із змінюванням фізико-хімічного стану, транспортуванням, зберіганням та контролюванням сировини, енергоносіїв, напівфабрикатів та готової продукції. (en technological process).

Додаток 2. Ступені захисту, що забезпечуються оболонками (код ІР)
(за ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89))

Ступінь захисту, що забезпечується оболонкою, вказується кодом ІР наступним чином (рис. Д2).

	ІР	2	3	С	Н
Букви коду (Міжнародний захист) (International Protection)					
Перша характеристична цифра (від 0 до 6 або буква Х)					
Друга характеристична цифра (від 0 до 8 або буква Х)					
Додаткова буква (за необхідністю) (букви А, В, С, D)					
Допоміжна буква (за необхідністю) (букви Н, М, S)					

Рис. Д2 – Склад коду ІР

За відсутності необхідності в нормуванні характеристичної цифри її слід замінити на букву Х (або ХХ, якщо випущені дві цифри). Додаткові та (або) допоміжні букви випускаються без заміни. За умови використання більш однієї додаткової букви застосовують алфавітний порядок.

У стандарті на конкретні види виробів може бути встановлена додаткова інформація із використанням допоміжної букви, яка розміщується після другої характеристичної цифри або після додаткової букви (табл. Д2.2).

Таблиця Д2.1 – Елементи коду IP та їхні позначення

Перша характеристична цифра	Захищено від доступу до небезпечних частин:	Захищено від зовнішніх твердих предметів:	Друга характеристична цифра	Захищено від шкідливого впливу внаслідок проникнення води:	Додаткова буква	Захищено від доступу до небезпечних частин
0	немає захисту	немає захисту	0	Немає захисту	–	–
1	тильною стороною руки	діаметром більше або рівним 50 мм	1	від вертикально спадаючих крапель води	A	тильною стороною руки
2	пальцем	діаметром більше або рівним 12,5 мм	2	від вертикально спадаючих крапель води, коли оболонка відхилена на кут до 15°	B	пальцем
3	інструментом	діаметром більше або рівним 2,5 мм	3	від води, що падає у вигляді дощу	C	інструментом
4	проволокою	діаметром більше або рівним 1,0 мм	4	від суцільного оббризування	D	проволокою
5	проволокою	пило-захищено	5	від водяних струй	–	–
6	проволокою	пиле-непроникне	6	від потужних водяних струй	–	–
–	–	–	7	від впливу при короткочасному занурюванні у воду	–	–
–	–	–	8	від впливу при довгостроковому зануренні у воду	–	–

Таблиця Д2.2 – Допоміжні букви

Буква	Значення
Н	Високовольтні апарати
М	Було випробувано на відповідність ступеню захисту від шкідливих впливів внаслідок проникнення води: обладнання з рухомими частинами (наприклад, ротором машини, що обертається), що знаходяться у стані руху
S	Було випробувано на відповідність ступеню захисту від шкідливих впливів внаслідок проникнення води: обладнання з рухомими частинами (наприклад, ротором машини, що обертається), що знаходяться у стані нерухомості

Приклади позначень із допомогою коду IP.

IP34:

(3) – захищає людей, що тримають в руках інструмент діаметром $\geq 2,5$ мм від доступу до небезпечних частин; захищає обладнання всередині оболонки від проникнення зовнішніх твердих предметів діаметром $\geq 2,5$ мм;

(4) – захищає обладнання всередині оболонки від шкідливих впливів внаслідок оббрикування оболонки водою з усіх сторін.

IP23CS:

(2) – захищає людей від доступу до небезпечних частин пальцями рук; захищає обладнання всередині оболонки від проникнення зовнішніх твердих предметів діаметром $\geq 12,5$ мм;

(3) – з захищає обладнання всередині оболонки від шкідливих впливів води у вигляді дощу;

(C) – захищає людей від доступу до небезпечних частин, якщо вони тримають в руках інструмент діаметром $\geq 2,5$ мм, і довжиною, що не перебільшує 100 мм (інструмент може проникнути на усю свою довжину в оболонку);

(S) – було випробувано на відповідність ступеню захисту від шкідливих впливів внаслідок проникнення води, коли усі рухомі частини обладнання знаходились у нерухомості.

**Додаток 3. Приклади побудови умовних зображень приладів і засобів
автоматизації**
(за ДСТУ Б А.2.4–16:2008)

Таблиця ДЗ

№ п/п	Зображення	Найменування
1		Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання температури, встановлений за місцем. Наприклад, перетворювач термоелектричний (термопара), термоперетворювач опору, термобалон манометричного термометра, датчики пірометра тощо
2		Прилад для вимірювання і показу температури, встановлений за місцем. Наприклад, термометр рідинний, термометр манометричний тощо
3		Прилад для вимірювання і показу температури, показувальний, встановлений на щиті. Наприклад, мілівольтметр, логометр, потенціометр, міст автоматичний тощо
4		Прилад для вимірювання температури, безшкальний з дистанційною передачею показань, встановлений за місцем. Наприклад, термометр манометричний безшкальний з пневмо- або електропередачею сигналу
5		Прилад для вимірювання температури одноточковий, реєструючий (самописний), встановлений на щиті Наприклад, логометр, потенціометр, міст автоматичний тощо
6		Прилад для вимірювання температури з автоматичним оббігаючим пристроєм, реєструючий, встановлений на щиті. Наприклад, багатоточковий самописний потенціометр, міст автоматичний самописний тощо

Продовження таблиці ДЗ

1	2	3
7		<p>Регулятор температури, безшкальний, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, ділатометричний регулятор температури</p>
8		<p>Комплект для вимірювання температури, самописний, регулювальний, оснащений станцією керування, встановлений на щиті.</p> <p>Наприклад, пневматичний вторинний прилад і регулюючий блок системи СТАРТ</p>
9		<p>Прилад для вимірювання температури, безшкальний із контактним пристроєм, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, реле температурне</p>
10		<p>Байпасна панель дистанційного ручного керування (електрична або пневматична) встановлена на щиті</p>
11		<p>Перемикач електричних ланцюгів вимірювання (керування), перемикач для газових (повітряних) ліній, встановлений на щиті</p>
12		<p>Прилад для вимірювання і показу тиску (розрідження), встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, будь-який показувальний манометр, дифманометр, тягомір, напоромір, вакуумметр тощо</p>
13		<p>Прилад для вимірювання і показу перепаду тиску, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, дифманометр показувальний</p>
14		<p>Прилад для вимірювання тиску (розрідження), безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем. Наприклад, манометр або дифманометр безшкальний з пневмо- або електропередачею сигналу</p>







Продовження таблиці ДЗ

1	2	3
15		<p>Прилад для вимірювання тиску (розрідження), безшкальний, реєструючий, встановлений на щиті.</p> <p>Наприклад, самописний манометр або будь-який вторинний самописний прилад для реєстрації тиску</p>
16		<p>Прилад для вимірювання тиску з контактним пристроєм, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, реле тиску</p>
17		<p>Прилад для вимірювання і показу тиску (розрідження), з контактним пристроєм, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, електроконтактний манометр, вакуумметр тощо</p>
18		<p>Регулятор тиску, що працює без використання стороннього джерела енергії (регулятор тиску прямої дії), «поперед себе»</p>
19		<p>Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання витрати, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, діафрагма, сопло, труба Вентурі, датчик індукційного витратоміра тощо</p>
20		<p>Прилад для вимірювання витрати безшкальний із дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, безшкальний дифманометр-витратомір або ротаметр з пневмо- чи електропередачею сигналів</p>
21		<p>Регулятор співвідношення витрат, встановлений на щиті.</p> <p>Наприклад, блок регулювання співвідношення витрат системи СТАРТ</p>

Продовження таблиці ДЗ

1	2	3
22		<p>Прилад для вимірювання і показу витрати, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, дифманометр або ротаметр показувальний</p>
23		<p>Прилад для вимірювання і показу витрати, інтегруючий, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, будь-який лічильник-витратомір з інтегратором або показувальний дифманометр-витратомір із інтегратором</p>
24		<p>Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання рівня, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, датчик електричного або ємнісного рівнеміра</p>
25		<p>Прилад для вимірювання і показу рівня, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, дифманометр, що використовується для вимірювання рівня</p>
26		<p>Прилад для вимірювання рівня з контактним пристроєм, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, реле рівня, що використовується для блокування і сигналізації верхнього рівня</p>
27		<p>Прилад для вимірювання рівня безшкальний з дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, дифманометр-рівнемір безшкальний з пневмо- або електропередачею сигналу; датчик буйкового рівноміра тощо</p>







Продовження таблиці ДЗ

1	2	3
28		<p>Прилад для вимірювання і показу рівня з контактним пристроєм, встановлений на щиті.</p> <p>Наприклад, вторинний показувальний прилад з сигнальним пристроєм. Літери Н і L означають сигналізацію верхнього та нижнього граничних рівнів</p>
29		<p>Прилад для вимірювання густини розчину безшкальний з дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, датчик густиноміра з пневмо- чи електропередачею</p>
30		<p>Прилад для вимірювання і показу розмірів, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, показувальний прилад для вимірювання товщини сталеві стрічки</p>
31		<p>Пристрій для перетворення положення вихідного штоку регульовального органу з дистанційною передачею показань, встановлений за місцем.</p> <p>Наприклад, дистанційний покажчик положення типу ДУП-М або датчик положення – реостатний чи індуктивний – змонтований на електричному приводі</p>
32		<p>Прилад для вимірювання і показу будь-якої електричної величини, встановлений за місцем (написи, що розшифровують конкретно вимірювану величину, розташовуються або поруч з приладом, або у вигляді таблиці – на полі креслення) (див., наприклад, пп. 33–35)</p>
33		<p>Вольтметр встановлений за місцем</p>






Продовження таблиці ДЗ

1	2	3
34		Амперметр встановлений за місцем
35		Ватметр, встановлений на щиті
36		Прилад для керування процесом за часовою програмою, встановлений на щиті. Наприклад, командний електропневматичний прилад КЕП, багатоланцюгове реле часу тощо)
37		Прилад для вимірювання вологості, реєструючий, встановлений на щиті. Наприклад, вторинний прилад вологоміра самописного
38		Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання якості продукту, встановлений за місцем. Наприклад, датчик рН-метра
39		Прилад для вимірювання і показу якості продукту, встановлений за місцем. Наприклад, газоаналізатор показувальний для контролю вмісту кисню в димових газах
40		Прилад для вимірювання якості продукту реєструючий, регулюючий, встановлений на щиті. Наприклад, вторинний самописний прилад регулятора концентрації сірчаної кислоти в розчині
41		Прилад для вимірювання і показу радіоактивності з контактним пристроєм, встановлений за місцем (наприклад, прилад для показу і сигналізації гранично-допустимих інтенсивностей α - і β -випроміювання

Продовження таблиці ДЗ

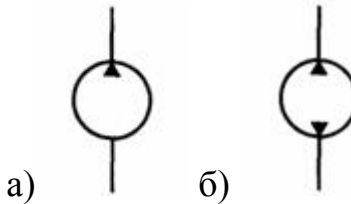
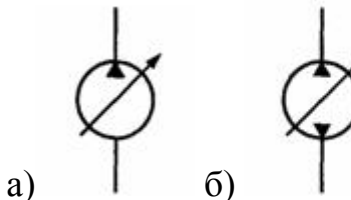
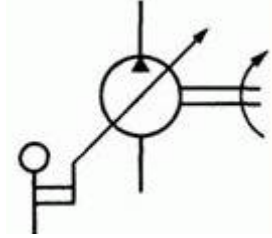

1	2	3
42		Прилад для вимірювання і показу частоти обертання приводу, встановлений на щиті. Наприклад, вторинний прилад тахогенератора
43		Прилад для вимірювання в'язкості, показувальний, місцевий Наприклад, віскозиметр показувальний
44	 $U=f(F, P, T)$	Прилад для вимірювання декількох різнорідних величин реєструючий, встановлений за місцем. Наприклад, самописний дифманометр-витратомір з додатковим записом тиску і температури пари. Напис, що розшифровує вимірювані величини, наноситься або справа від приладу, або на вільному полі схеми в примітці.
45		Прилад для контролю згасання факела в печі безшкальний з контактним пристроєм, встановлений на щиті. Наприклад, вторинний пристрій запально-запобіжного пристрою. Застосування резервної літери В повинно бути зазначене на полі схеми
46	 E/E	Перетворювач сигналу, встановлений на щиті; вхідний сигнал – електричний, вихідний сигнал також електричний (наприклад, нормувальний перетворювач термоЕРС)
47	 P/E	Перетворювач сигналу перехідний, місцевого розташування; вхідний сигнал пневматичний, вихідний – електричний, (наприклад, пневмоелектричний перетворювач

Продовження таблиці ДЗ




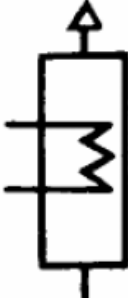

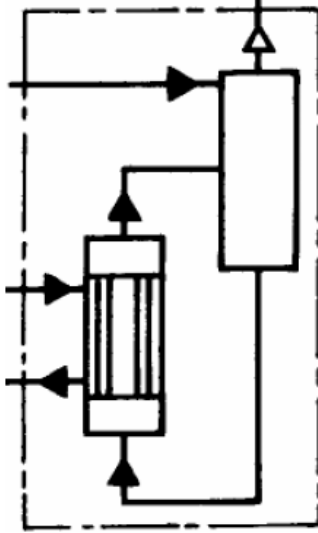
1	2	3
48		Пускова апаратура для керування електродвигуном (наприклад, магнітний пускач, контактор і под.; застосування резервної літери N повинно бути зазначене на полі схеми)
49		Апаратура, призначена для ручного дистанційного керування, встановлена на щиті (кнопка керування, ключ керування, ручний задавач тощо)
50		Апаратура, призначена для ручного дистанційного керування, оснащена пристроєм для сигналізації, встановлена на щиті (кнопка з вбудованою лампочкою, ключ керування з підсвіткою і т.д.)
51		Апаратура, призначена для ручного дистанційного керування, встановлена на щиті (пневматична чи електрична панель керування)
52	 S101-2	Ключ керування, призначений для вибору режиму керування, встановлений на щиті (приклад наведено для ілюстрації випадку, коли позиційне позначення завелике і тому наноситься поза колом)

Додаток 4. Умовні графічні позначення технологічного обладнання

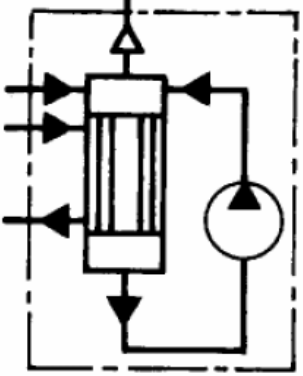
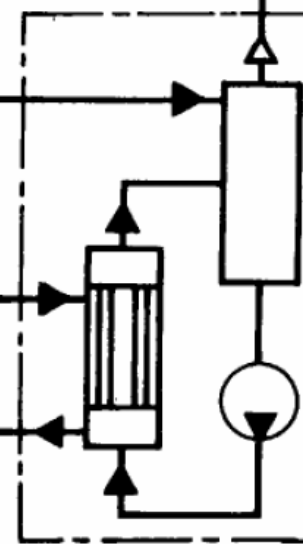
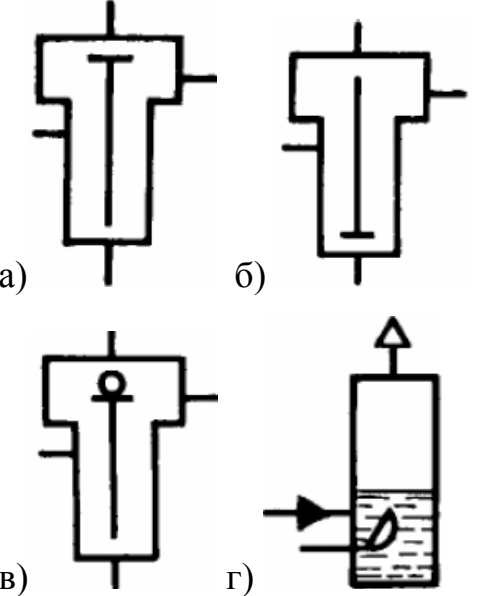
Таблиця Д4

Найменування	Позначення
1	2
ГОСТ 2.782-96 ЕСКД. Обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические (ЕСКД. Позначки умовні графічні. Машины гідравлічні та пневматичні)	
<p>Насос нерегульований:</p> <p>а) з нереверсивним потоком</p> <p>б) з реверсивним потоком</p>	 <p>а) б)</p>
<p>Насос регульований:</p> <p>а) з нереверсивним потоком</p> <p>б) з реверсивним потоком</p>	 <p>а) б)</p>
<p>Насос регульований з ручним керуванням та єдиним напрямком обертання</p>	
<p>Насос-дозатор</p>	
<p>Компресор</p>	
<p>Насос шестеренчастий</p>	

Продовження таблиці Д4

1	2
Насос лопатевий відцентровий	
Вентилятор: а) відцентровий б) осьовий	а)  б) 
ГОСТ 2.788-74 ЕСКД. Обозначения условные графические. Аппараты выпарные (ЕСКД. Позначки умовні графічні. Апарати випарні)	
Апарати випарні: а) Загальне позначення б) Із природною циркуляцією з співвісною тепловою камерою	а)  б) 
Апарат випарний з природною циркуляцією з виносною тепловою камерою	

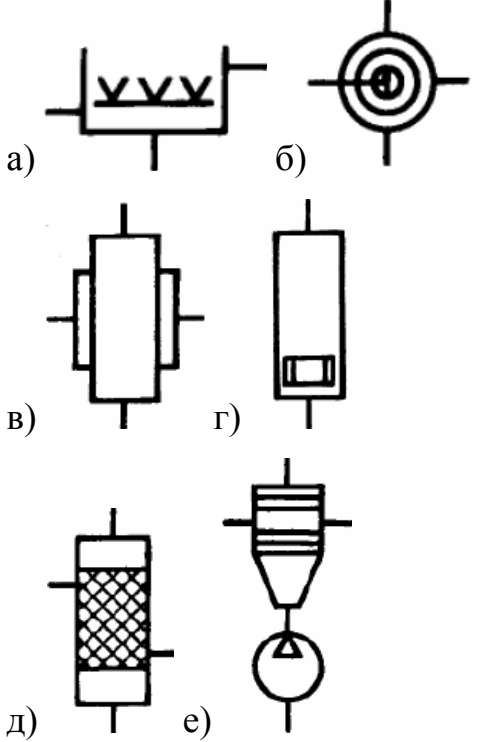
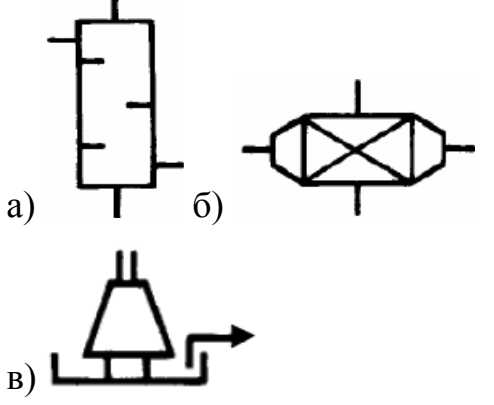
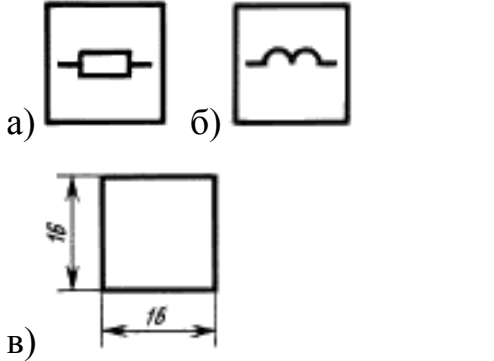
Продовження таблиці Д4

1	2
<p>Апарат випарний з примусовою циркуляцією з співвісною тепловою камерою</p>	
<p>Апарат випарний з примусовою циркуляцією з виносною тепловою камерою</p>	
<p>а) Випарний плівковий апарат з плівкою, що вільно спадає б) Випарний плівковий апарат з плівкою, що підіймається в) Випарний плівковий апарат роторний г) Випарний апарат із зануреним горінням</p>	

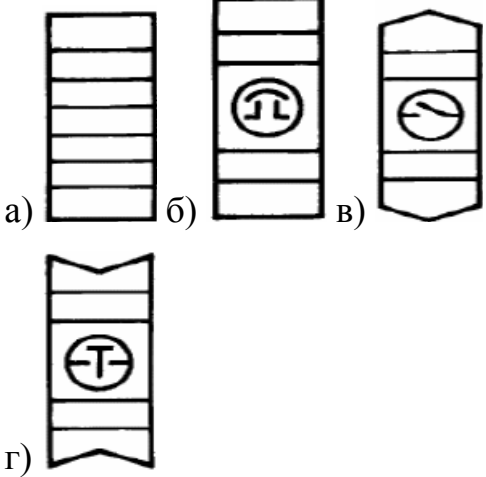
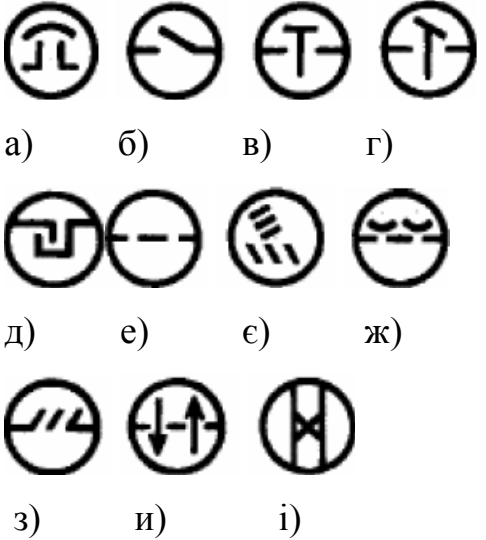
Продовження таблиці Д4

1	2
ГОСТ 2.789-74 ЕСКД. Обозначения условные графические. Аппараты теплообменные (ЕСКД. Позначки умовні графічні. Апарати теплообмінні)	
<p>Теплообмінні апарати кожухотрубні:</p> <p>а) з нерухомими трубними решітками при тиску в трубах та міжтрубному просторі вище атмосферного</p> <p>б) з нерухомими трубними решітками при тиску в трубах та міжтрубному просторі нижче атмосферного</p> <p>в) з лінзовим температурним компенсатором на кожусі при тиску в трубах та міжтрубному просторі вище атмосферного</p> <p>г) з витими трубами при тиску в трубах та міжтрубному просторі що дорівнює атмосферному</p> <p>д) з голівкою, що плаває при тиску в трубах та міжтрубному просторі вище атмосферного</p> <p>е) з U-подібними трубками при тиску в трубах та міжтрубному просторі вище атмосферного</p>	<p>а) б) в) г) д) е)</p>

Продовження таблиці Д4

1	2
<p>Теплообмінний апарат:</p> <p>а) з прямою теплопередачею</p> <p>б) спіральний</p> <p>в) із зовнішнім обігрівом (сорочка)</p> <p>г) з електричним обігрівом</p> <p>д) регенеративний</p> <p>е) із повітряним охолодженням</p>	
<p>а) Конденсатор змішування</p> <p>б) Калорифер</p> <p>в) Градирні</p>	
<p>Електронагрівач (за ГОСТ 2.745-68)</p> <p>а) опору</p> <p>б) індукційний</p> <p>в) розміри зображення</p>	

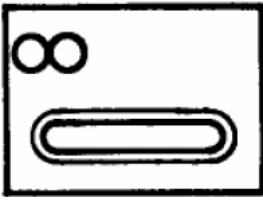
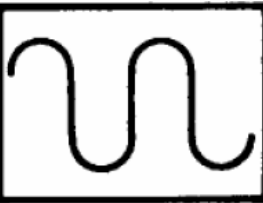
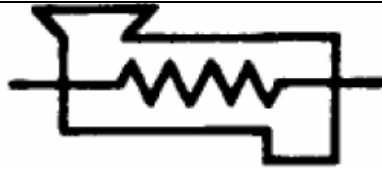
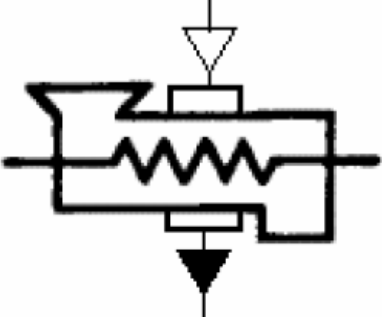


Продовження таблиці Д4

1	2
ГОСТ 2.790-74 ЕСКД. Обозначения условные графические. Аппараты колонные (ЕСКД. Позначки умовні графічні. Апарати колонні)	
<p>Апарати колонні тарілчасті:</p> <p>а) загальне позначення</p> <p>б) під атмосферним тиском</p> <p>в) під тиском вище атмосферного</p> <p>г) під тиском нижче атмосферного</p>	 <p>а) б) в) г)</p>
<p>Типи тарілок:</p> <p>а) ковпачкові</p> <p>б) струминні</p> <p>в) клапанні</p> <p>г) клапанні прямоточні</p> <p>д) S-подібних елементів</p> <p>е) ситчасті</p> <p>ж) ситчасті з відбійними елементами</p> <p>з) ситчасто-клапанні</p> <p>и) жалюзійно-клапанні</p> <p>к) решітчасто-провальні</p> <p>л) вихрові</p>	 <p>а) б) в) г)</p> <p>д) е) є) ж)</p> <p>з) и) і)</p>

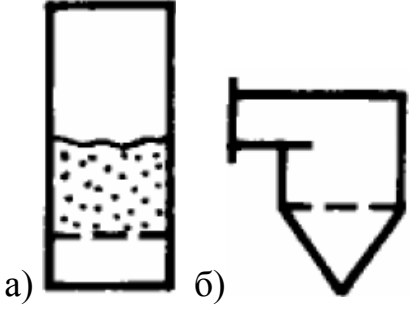
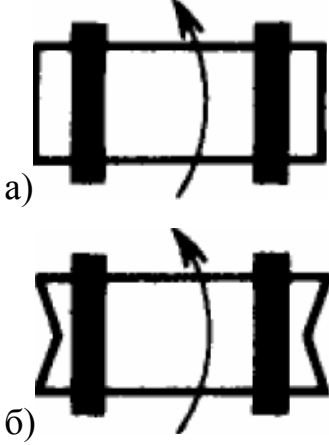
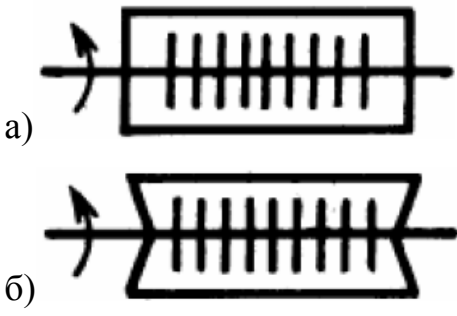
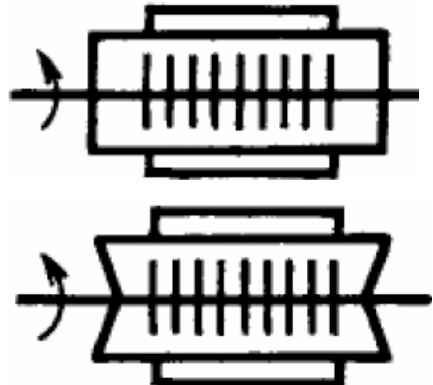
Продовження таблиці Д4

1	2
<p>Апарат колонний насадковий із насипною насадкою під атмосферним тиском</p>	
<p>Апарат колонний насадковий з регулярною насадкою під тиском нижче атмосферного</p>	
<p>ГОСТ 2.792-74 ЕСКД. Обозначения условные графические. Аппараты сушильные (ЕСКД. Позначки умовні графічні. Апарати сушильні)</p>	
<p>Шафа сушильна: а) під атмосферним тиском б) під тиском нижче атмосферного</p>	 <p>a) б)</p>
<p>а) Сушарка аерофонтанна б) Сушарка пневматична</p>	 <p>a) б)</p>
<p>а) Сушарка однострічкова б) Сушарка багатострічкова</p>	 <p>a) б)</p>

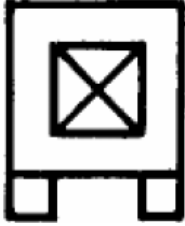



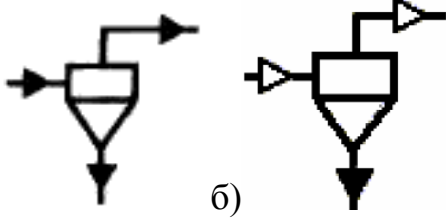
Продовження таблиці Д4

1	2
<p>в) Сушарка вальцестрічкова</p> <p>г) Сушарка петльова</p>	<p>в) </p> <p>г) </p>
<p>Сушарка одношнекова:</p> <p>а) загальне позначення</p>	<p>а) </p>
<p>б) із зовнішнім обігрівом водяною парою</p>	<p></p>
<p>Сушарка розпилювальна:</p> <p>а) із відцентровим розпилюванням</p> <p>б) з форсунковим розпилюванням</p>	<p>а) </p> <p>б) </p>

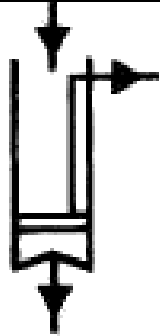
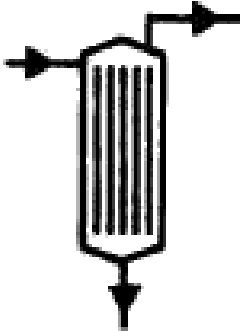
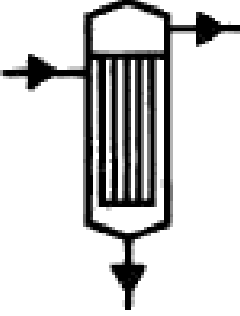

Продовження таблиці Д4

1	2
<p>а) Сушарка із завислим шаром, що кипить</p> <p>б) Сушарка циклона</p>	 <p>а) б)</p>
<p>Сушарка барабанна:</p> <p>а) під атмосферним тиском</p> <p>б) під тиском нижче атмосферного</p>	 <p>а) б)</p>
<p>Сушарка роторна:</p> <p>а) під атмосферним тиском</p> <p>б) під тиском нижче атмосферного</p>	 <p>а) б)</p>
<p>Сушарка роторна із зовнішнім обігрівом:</p> <p>а) під атмосферним тиском</p> <p>б) під тиском нижче атмосферного</p>	 <p>а) б)</p>


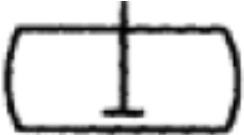
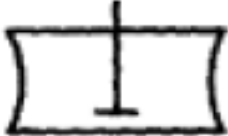
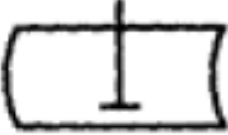
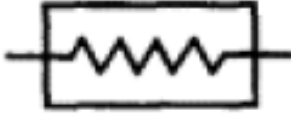

Продовження таблиці Д4

1	2
Сушарка камерна	
Сушарка тунельна	
ГОСТ 2.791-74 ЕСКД. Обозначения условные графические. Отстойники и фильтры (ЕСКД. Позначки умовні графічні. Відстійники та фільтри)	
Відстійник однокамерний	
Згущувач гребковий	
а) Гідроциклон б) Циклон	

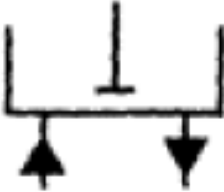
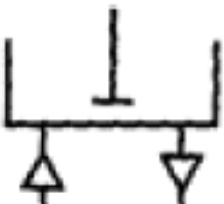



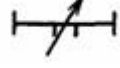

Продовження таблиці Д4

1	2
Нутч-фільтр (фільтр вакуумний)	
Фільтр листовий вертикальний	
Фільтр патронний	
Фільтр сепаратор одноступінчастий	

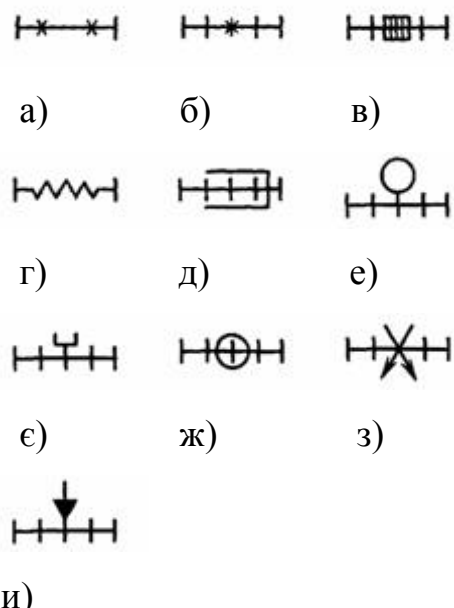
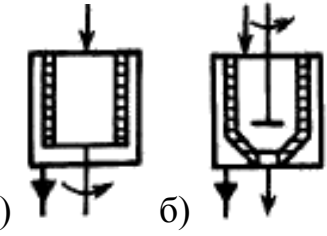

Продовження таблиці Д4

1	2
<p>ГОСТ 2.793-79 ЕСКД. Обозначения условные графические. Элементы и устройства машин и аппаратов химических производств. Общие обозначения (ЕСКД. Позначки умовні графічні. Елементи та пристрої машин і апаратів хімічних виробництв. Загальні позначення)</p>	
<p>Апарати з механічними пристроями, що перемішують: мішалки лопатеві, пропелерні, турбінні тощо. для рідких середовищ:</p> <p>а) під атмосферним тиском б) із внутрішнім тиском вище атмосферного в) із внутрішнім тиском нижче атмосферного</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p>
<p>г) із внутрішнім тиском вище і нижче атмосферного поперемінно</p>	<p>г) </p>
<p>Мішалки шнекові, якірні, валкові, тарілчасті тощо для пастоподібних матеріалів</p>	<p></p>
<p>Мішалки для сипких матеріалів</p>	<p></p>

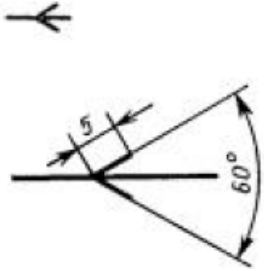


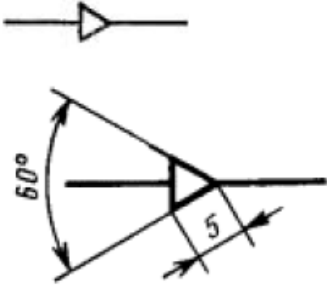
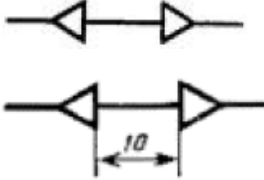
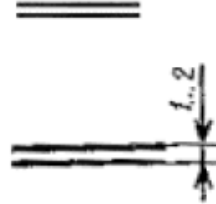

Продовження таблиці Д4

1	2
<p>Мішалки для рідких середовищ із підігрівом:</p> <p>а) рідиною</p> <p>б) повітрям (газом)</p> <p>в) електричним струмом</p>	<p>а) </p> <p>б) </p> <p>в) </p>
<p>ГОСТ 2.794-79 ЕСКД. Обозначения условные графические. Устройства питающие и дозирующие (ЕСКД. Позначи умовні графічні. Пристрої живильні та дозувальні)</p>	
<p>Ємності бункерні</p>	
<p>Живильники з тяговими елементами стрічкові</p>	
<p>Дозатори вагові:</p> <p>а) дискретної дії</p> <p>б) неперервної дії</p>	<p>а) </p> <p>б) </p>

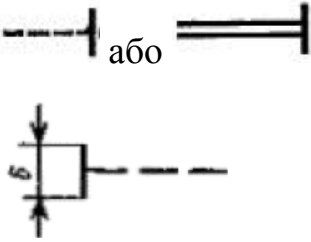
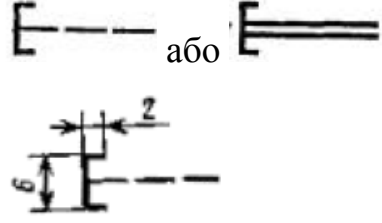
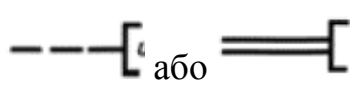
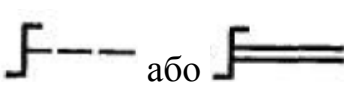
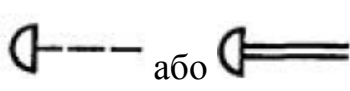
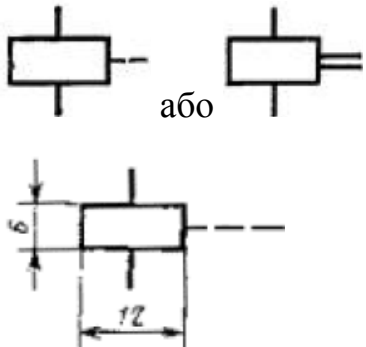
Продовження таблиці Д4

1	2
<p>Дозатори об'ємні:</p> <p>а) шестеренчастий</p> <p>б) лопатевий</p> <p>в) кільцевий</p> <p>г) шнековий (гвинтовий)</p> <p>д) поршневий</p> <p>е) дисковий</p> <p>є) ковшовий</p> <p>ж) ротаційний</p> <p>з) щілинний</p> <p>и) рідинні</p>	 <p>а) б) в)</p> <p>г) д) е)</p> <p>є) ж) з)</p> <p>и)</p>
<p>ГОСТ 2.795-80 ЕСКД. Обозначения условные графические. Центрифуги (ЕСКД. Позначки умовні графічні. Центрифуги)</p>	
<p>Центрифуги що фільтрують періодичної дії:</p> <p>а) з ручним вивантаженням осаду</p> <p>б) з гравітаційним вивантаженням осаду</p>	 <p>а) б)</p>
<p>Сепаратори неперервної дії з гідравлічним вивантаженням осаду</p>	

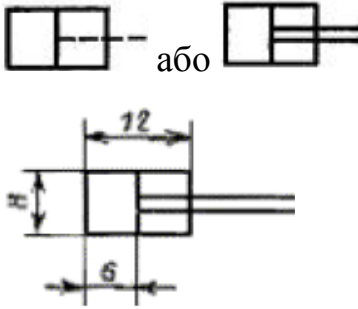
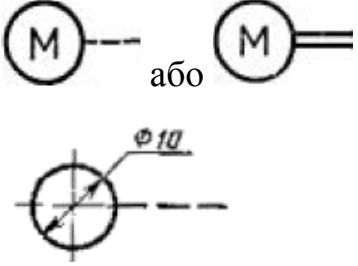
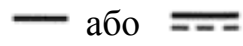

Продовження таблиці ДЗ

1	2
ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.	
Розповсюдження струму, сигналу, інформації та потоку енергії в одному напрямку	
Потік рідини: а) в одному напрямку	
б) в обох напрямках	
Потік газу (повітря): а) в одному напрямку	
б) в обох напрямках	
Лінія механічного зв'язку у гідравлічних та пневматичних схемах	
Лінія механічного зв'язку у електричних схемах	

Продовження таблиці Д4

1	2
Привід ручний, загальне позначення	
Привід ручний, що приводиться у рух натисканням кнопки*	
Привід ручний, що приводиться у рух витягуванням кнопки*	
Привід ручний, що приводиться у рух поворотом кнопки*	
*Передбачається, що привід кнопками має самоповернення	
Привід ручний аварійного спрацювання	
Привід електромагнітний	

Продовження таблиці Д4

1	2
Привід пневматичний або гідравлічний	
Привід електромашинний	
Постійний струм, основне позначення	
Змінний струм, основне позначення	
<p>Змінний струм із кількістю фаз m, частотою f, напругою U, наприклад:</p> <p>а) Змінний струм, трифазний, частотою 50 Гц, напругою 220 В</p> <p>б) Змінний струм, трифазний, чотирипроводова лінія (три проводи, нейтраль) частотою 50 Гц, напруга 220/380 В</p>	<p>$m \sim f U$</p> <p>а) $3 \sim 50 \text{ Гц } 220 \text{ В}$</p> <p>б) $3N \sim 50 \text{ Гц } 220/380 \text{ В}$</p>

Додаток 5. Рекомендовані умовні літерні позначення технологічного обладнання

Таблиця Д5

Вид обладнання	Позначення
Пристрій, механізм (загальне позначення)	А
Випарний апарат	АВ
Вентилятор	В
Дозатор	Д
Ємність	Е
Живильник	Ж
Колона	К
Компресор	КМ
Обладнання з мішалками	Л
Насос	Н
Відстійник	О
Печі та пічне обладнання	П
Сепаратор	С
Теплообмінний апарат	Т
Фільтр	Ф
Центрифуга	Ц

ДЛЯ ПОДАТОК

Навчальне видання

Кваско Михайло Зиновійович, **Жураковський** Ярослав Юрійович,
Жученко Анатолій Іванович, **Миленький** Володимир Васильович

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Навчальний посібник

В авторській редакції

Підп. до друку 24.02.2014. Формат 60×84/16. Папір офс. Гарнітура Times New Roman. Спосіб друку — різнографія.
Ум.-друк. арк. 19,99. Обл.-вид. арк. 33,25. Наклад 300 прим.

ТОВ «Бізнес Медіа Консалтинг»
Свідоцтво про видавничу діяльність ДК № 3634 від 27.11.2009 р.
04107, м. Київ, вул. Нагірна, 25-27, оф. 520
тел.(044) 229 94 52, т/ф (044) 484 63 26