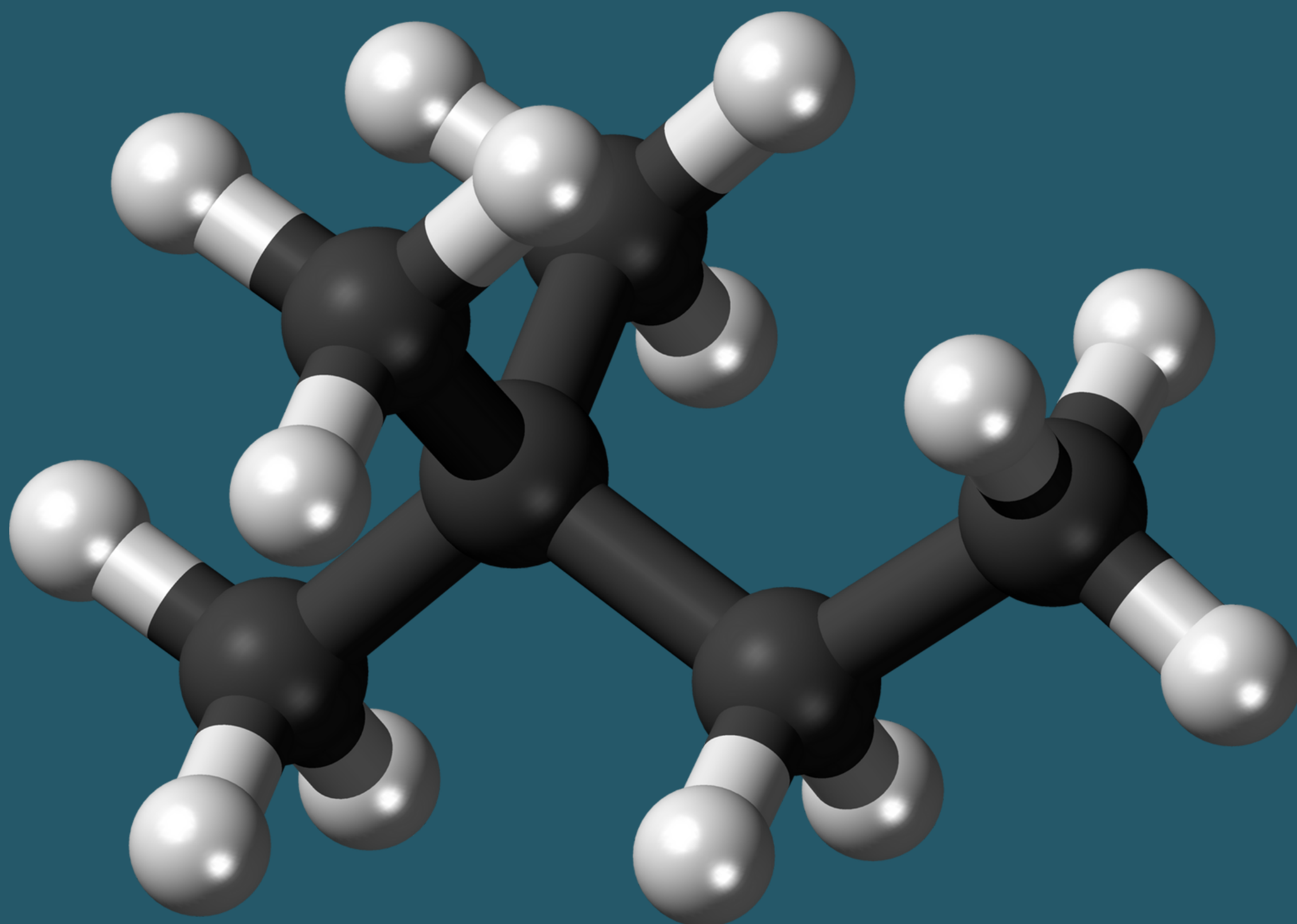


А.Г. ГАЛСТЯН, В.П. ШАПКІН, А.С. БУШУЄВ

ОСНОВИ  
ПРОЕКТУВАННЯ  
ВИРОБНИЦТВ  
АКТИВНИХ  
ФАРМАЦЕВТИЧНИХ  
ІНГРЕДІЄНТІВ

*навчальний посібник*



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

А. Г. Галстян, В. П. Шапкін, А. С. Бушуєв

**ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВ  
АКТИВНИХ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ**

Навчальний посібник

Рекомендовано Вченою радою Київського національного  
університету технологій та дизайну  
для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
за спеціальністю 226 Фармація,  
промислова фармація, освітньої програми «Промислова фармація»

Київ 2022

УДК 661.715.7:661.715.1

Г15

**Р е ц е н з е н т и:**

*А. Г. Каплаушенко* – д-р фарм. наук, проф., завідувач кафедри фізикоїдної хімії Запорізького державного медичного університету;

*Е. В. Потапенко* – д-р хім. наук, доц., професор кафедри хімії та технології медичної діагностики та лікування Луганського національного університету імені Тараса Шевченка.

Рекомендовано Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 226 Фармація, промислова фармація, освітньої програми «Промислова фармація» (Протокол № 6 від 26.01.2022 р.)

Галстян А. Г., Шапкін В. П., Бушуєв А. С.

Г15 Основи проектування виробництв активних фармацевтичних інгредієнтів: навч. посіб. /за заг. ред. проф. Г. А. Галстяна. Київ: КНУТД, 2022. 316 с.

ISBN 978-617-7763-02-3

В навчальному посібнику подаються основи проектування виробництв активних фармацевтичних інгредієнтів. Розглянуто питання щодо проектування і експлуатації технологічних процесів, технологічних стадій та устаткування. Надано порядок розробки, узгодження і затвердження проектно-кошторисної документації на будівництво, що регламентується будівельними нормами і правилами України.

**УДК 661.715.7:661.715.1**

ISBN 978-617-7763-02-3

© А. Г. Галстян, В. П. Шапкін,  
А. С. Бушуєв, 2022  
© КНУТД, 2022

## ПЕРЕДМОВА

В умовах сучасного хіміко-фармацевтичного виробництва інженеру-технологу доводиться вирішувати питання, пов'язані з проектуванням і експлуатацією технологічних процесів, технологічних стадій і устаткування.

Проектування виробництв хіміко-фармацевтичної промисловості є складним, різноманітним і трудомістким процесом, який необхідно розглядати як сукупність цілого ряду соціально-організаційних і інженерно-технічних стадій. Такий системний підхід до рішення проектних завдань забезпечує високий соціально-економічний рівень функціонування промислових об'єктів. Цей підхід вироблявся в процесі розвитку проектної справи.

Проектування хіміко-фармацевтичних підприємств як самостійна галузь інженерної праці відносно молода. До тридцятих років минулого століття розробкою нових хіміко-фармацевтичних виробництв займалися інженери в конторах заводів і конструкторських бюро дослідницьких інститутів. Надалі розвиток хіміко-фармацевтичної промисловості і збільшення об'єму проектних робіт вимагав спеціалізації окремих груп: технологів, будівельників і т. ін. Потім були створені комплекси, куди увійшли галузеві науково-дослідні, проектні і будівельно-монтажні організації. Останніми роками нестримно розвиваються і удосконалюються теорія математичного моделювання і оптимізації технологічних процесів та системи автоматизованого проектування (САПР) хіміко-фармацевтичних виробництв.

Провідна роль при проектуванні хіміко-фармацевтичних виробництв належить фахівцям за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація». Знання з основ проектування майбутні спеціалісти набувають із лекційного курсу «Основи проектування виробництв активних фармацевтичних інгредієнтів», засвоєння якого до цих пір не забезпечено ні підручниками, ні навчальними посібниками. У зв'язку з цим нам здавалося доцільним написати навчальний посібник з основ проектування хіміко-фармацевтичних виробництв, матеріал якого сприяв би якісному оволодінню знаннями, уміннями і навичками при рішенні таких технологічних задач, як:

- розрахунок матеріального балансу виробництва;
- енергетичні розрахунки;
- методика вибору типу реактора і розрахунок основного устаткування;
- розрахунок потреб виробництва по сировині, енергетиці тощо;
- створення технологічної схеми виробництва;
- розміщення устаткування технологічної схеми на виробничих площах;
- проектування виробничих приміщень для розташування технологічної схеми виробництва.

Посібник складається зі вступу і семи розділів. У вступі зосереджено увагу на системний підхід до вирішення проектних завдань на створення хіміко-фармацевтичних виробництв, послідовність підготовки проектної документації, склад, порядок і узгодження її, основні напрямки удосконалення проектувальної роботи та схему прийняття рішень в процесі проектування об'єкта.

У першому розділі викладено матеріал, присвячений системі проектування виробництв активних фармацевтичних інгредієнтів. Другий розділ стосується структури проекту хіміко-фармацевтичного виробництва. У третьому розділі наведено матеріал щодо проектування промислових будівель. Четвертий розділ присвячено методиці визначення об'ємів промислових споруд. У п'ятому розділі узагальнений матеріал щодо загальних вимог до спеціальних частин проекту. Шостий розділ стосується характеристик токсичності, вогне- і вибухонебезпечності виробництв, а в заключному сьомому розділі наведені методики виконання розрахунково-графічної частини проекту.

Даний посібник – це перша спроба створення у КНУТД навчально-методичного посібника для студентів по проектуванню виробництв активних фармацевтичних інгредієнтів.

Автори вдячні професору Каплаушенку А.Г. та професору Потапенку Е.В. за рецензування рукопису і корисні зауваження, які були враховані авторами в процесі роботи над посібником.

## ВСТУП

Будівництву промислового підприємства, будови або споруди передуює розробка проекту виробництва.

**Проект виробництва** – це комплекс технічної проектно-кошторисної документації, необхідний для будівництва промислового об'єкту. До проектно-кошторисної документації входять пояснювальна записка, інженерно-технічні розрахунки, відомості про поставки сировини і наявність відходів виробництва та їх знешкодження, організацію праці, кошторис на усі виробничі і культурно-побутові споруди майбутнього підприємства.

При розробці проектно-кошторисної документації керуються законами України, указами Президента, рішеннями Уряду, а також нормативними актами і документами на проектування і будівництво, у тому числі:

- державними стандартами на проектування і будівництво;
- загальнодержавними і відомчими каталогами будівельних конструкцій і виробів;
- каталогами устаткування і ін.

Склад, порядок розробки, узгодження і затвердження проектно-кошторисної документації на будівництво регламентується будівельними нормами і правилами (СНіП) України.

Проектна документація призначається для *замовника*. Як замовники можуть виступати фізичні і юридичні особи, які мають інтерес до випуску певного асортименту хіміко-фармацевтичної продукції. Проектна документація розробляється *проектувальником*.

У розробці проектно-кошторисної документації і реалізації проекту крім проектно-кошторисної організації (*генеральний підрядник*) беруть участь спеціалізовані підприємства: будівельні, монтажні і ін., які зветься *субпідрядниками*.

Відправним пунктом розробки проектно-кошторисної документації є *затверджене обґрунтування інвестицій* в будівництво підприємства, яке є техніко-економічним доказом необхідності створення промислового об'єкту. Обґрунтування інвестицій робить замовник. По ходу обґрунтування розкривається технічний, кадровий і фінансовий потенціал і орієнтовно оцінюються техніко-економічні показники підприємства, що проектується.

**Обґрунтування інвестицій** – це документ, який затверджується керівництвом установи-замовника. Після розгляду державною експертизою обґрунтування інвестицій погоджується з *інвестором*, яким є, зазвичай, банк.

Прийняті рішення щодо обґрунтування інвестицій не тільки уточнюються, але можуть і змінюватись, наприклад, при підготовці завдання на проектування, також обґрунтовується прийнятий метод виробництва, уточнюється асортимент і потужність майбутнього

виробництва. У свою чергу рішення, прийняті при підготовці завдання на проектування, корелюються при розробці проекту і робочої документації.

**Проектна документація** розробляється після затвердження інвестицій, як правило, на конкурсній основі через торги підряду (тендер). На цьому етапі проектування деталізуються прийняті в обґрунтуванні інвестицій рішення і уточнюються техніко-економічні показники об'єкту, що проектується.

Після конкурсних торгів замовник і проектувальник заключають *договір* (контракт), який регулює правові і фінансові відношення, взаємні обов'язки і відповідальність.

Невід'ємною частиною договору є *завдання на проектування і вихідні матеріали*, які складаються організацією-замовником при безпосередній участі організації, що виконує проектну роботу. заздалегідь замовник з проектувальником, а також з іншими організаціями, що приймають участь в створенні промислового об'єкту, вибирають майданчик будівництва.

**В завданні на проектування** містяться такі дані:

- підстава на проектування;
- номенклатура продукції;
- потужність виробництва по основних її видах;
- термін початку і закінчення будівництва;
- основні техніко-економічні показники;
- стадійність проектування і ін.

Разом із завданням на проектування замовник видає проектній організації:

- затверджений акт про вибір майданчика під будівництво;
- відомості про існуючу забудову, підземні і надземні споруди і комунікації, і їх технічний стан;
- технічні умови на приєднання виробництва, що проектується, до джерел постачання, інженерним мережам і комунікаціям;
- матеріали інвентаризації, оціночні акти і рішення місцевих органів влади про знесення і характер компенсації за будівлі і споруди, що підлягають зносу;
- узгодження заходів по охороні навколишнього середовища.

**Сучасні хіміко-фармацевтичні виробництва характеризуються багатостадійністю одержання цільових продуктів**, складністю технічних рішень, високою енергоємністю і матеріалоемністю, великою протяжністю трубопроводів і кабельних комунікацій, глибокою функціональною залежністю окремих стадій. Для розташування таких складних виробництв, комунікацій і спеціалізованих служб виникає необхідність у будівництві спеціалізованих будівель, естакад і ін., а звідси потребує і значних витрат коштів, матеріальних і трудових ресурсів, а від дослідницьких і проектних організацій проведення наукових досліджень і інженерних вишукувань на усіх етапах проектування об'єкту і його будівництва (рис. В.1), що певною мірою забезпечує:

а) реалізацію досліджень науки і техніки, а також передового досліду для будівництва технічно передових підприємств по випуску продукції високої якості;

б) високий техніко-економічний рівень об'єктів, що проектується за рахунок:

- впровадження високопотужного устаткування, застосування механізованих і автоматизованих ліній, вузлів механізації ручної праці та іншого прогресивного обладнання;

- застосування високоефективних процесів виробництва, маловідходної і ресурсозберігаючої технології, суміщених технологічних схем;

- удосконалення об'ємно-планувальних і конструкторських рішень будівель і споруд;

- зниження матеріалоемності, трудоемності і вартості будівництва, скорочення його тривалості, впровадження прогресивних виробів і матеріалів;

- застосування економічних транспортних схем підвозу сировини, палива, матеріалів і комплектуючих виробів і вивозу готової продукції;

в) широке застосування типових конструкцій, проектів і типових рішень проектування;

г) раціональне використання землі, охорону навколишнього середовища;

д) раціональне використання природних ресурсів, і економічного витрачання матеріальних, паливно-енергетичних і трудових ресурсів;

е) високий рівень градобудівельних робіт і архітектурних рішень, покращення умов праці і побуту працюючих з урахуванням досягнень промислової естетики;

ж) удосконалення планування і підвищення якості об'єктів соціально-побутового призначення;

з) використання винаходів в області технології виробництва, будівельних конструкцій і матеріалів.

Для забезпечення відповідності виконання будівельно-монтажних робіт проектним рішенням, а також підвищення відповідальності проектних, будівельно-монтажних організацій і замовників за якість об'єктів, що будуються, встановлюють *авторський нагляд* (рис. 1.2) проектною організацією, що затвердила проект. Авторський нагляд ведеться на протязі усього періоду будівництва і прийомки будівельних об'єктів в експлуатацію.

Складність сучасних хіміко-технологічних систем, енерготехнологічних циклів, конструкцій машин і апаратів, що працюють за умов агресивних середовищ, високих температур і тиску, потребує рішення проблем охорони навколишнього середовища, обґрунтованого застосування конструктивних матеріалів, забезпечення надійності технологічного обладнання, безпечності виробництва. Все це вимагає



постійного удосконалення процесу проектування, підвищення якості проектної документації.

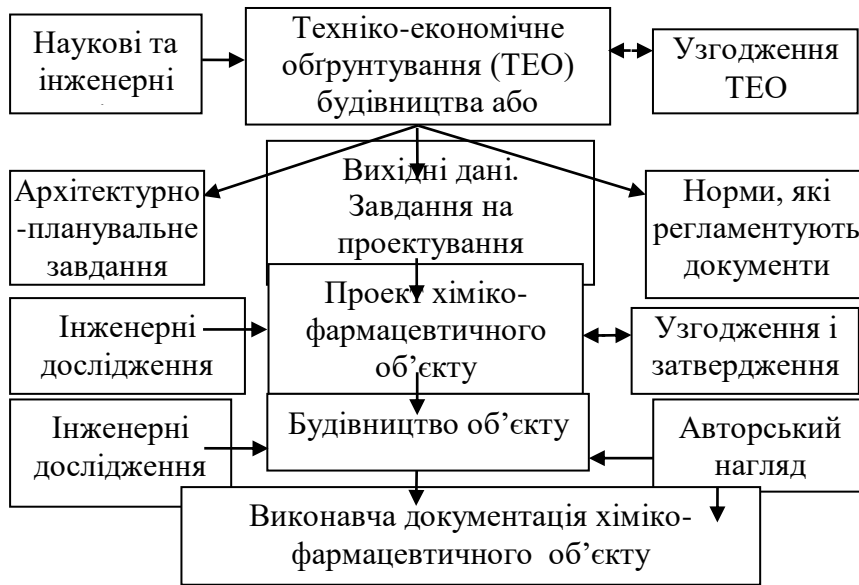


Рис. В.1 Загальна система організації проектування

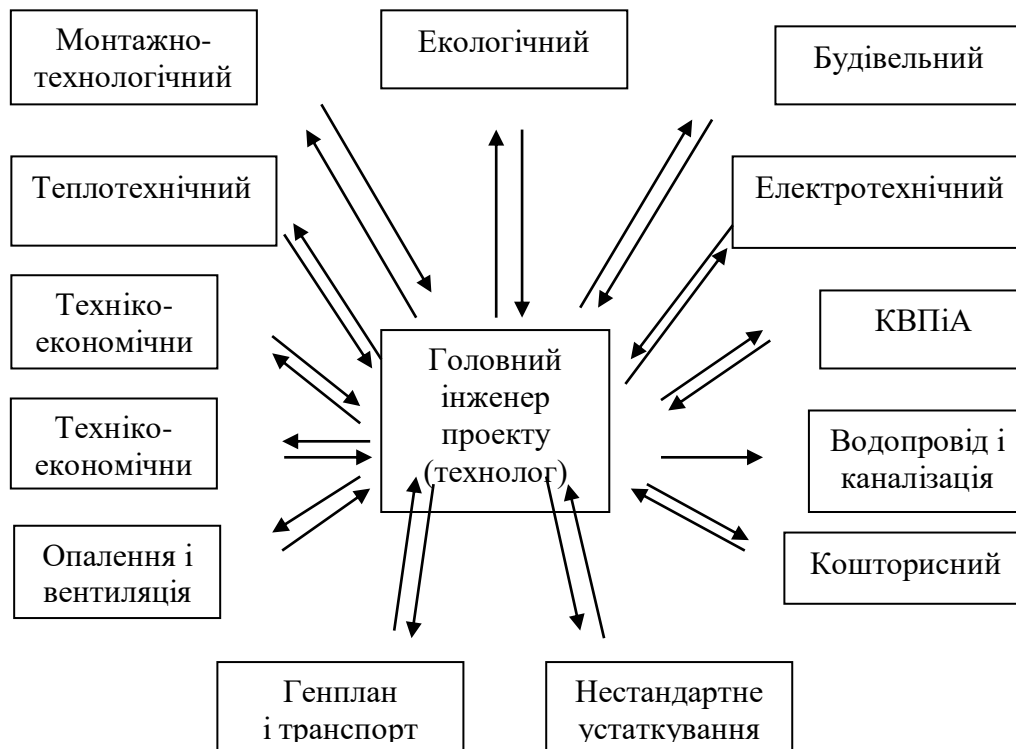


Рис. В.2 Схема взаємозв'язку спеціалізованих відділів проектної організації і головного інженера проекту

У проектуванні хіміко-фармацевтичних виробництв провідна роль належить інженеру-технологу. Він розробляє технологічну схему виробництва, вибирає устаткування, розраховує матеріальні потоки, їх співвідношення та ін., видає завдання фахівцям на розробку загально-інженерних розділів проекту (будівельна, електротехнічна, сантехнічна частини та ін.), погоджує результати виконання цих завдань з проектними рішеннями по технологічній частині, бере участь в обговоренні і оцінці спеціалізованих і загально-інженерних розділів проекту. Для координації і ув'язки всіх розділів проекту, які готуються спеціалізованими відділами проектної організації, призначається **головний інженер проекту (ГІП)**. Він є технічним керівником проекту в період його розробки і реалізації і несе відповідальність за правильність рішень, терміни виконання і техніко-економічні показники. Ці функції зазвичай покладають на інженера-технолога, який швидше і більш кваліфіковано, ніж спеціаліст іншого профілю, може розібратися в суті технологічного процесу і оцінити правильність прийнятих проектних рішень.

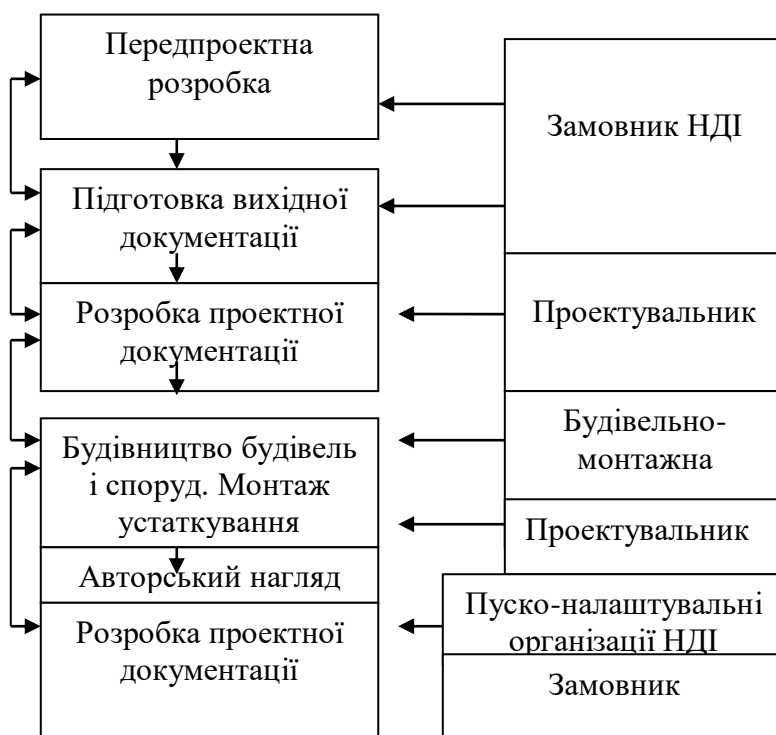


Рис. В.3. Схема прийняття рішень в процесі проектування хіміко-фармацевтичного об'єкта.

Взаємозв'язок спеціалізованих відділів проектної організації і головного інженера проекту можна проілюструвати схемою, представленою на рис. В.2.

В загалі, методику розробки проектної документації можна ілюструвати схемою В.3. Як видно із схеми В.3, проектування є ітераційним процесом.

## РОЗДІЛ 1

### СИСТЕМА ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВ АКТИВНИХ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ

#### 1.1 Види проектів та їх склад

Будівництву хіміко-фармацевтичного підприємства, будови або споруди передуює розробка *проекту виробництва*.

**Проект виробництва** – це комплекс технічної (проектної) документації необхідний для будівництва промислового об'єкту, що забезпечує випуск потрібної продукції певної якості у заданому об'ємі з найкращими техніко-економічними показниками і дотриманням необхідних санітарно-гігієнічних умов.

За призначенням проекти підрозділяються на *індивідуальні* і *типові*.

**Індивідуальні проекти** розробляються для конкретних умов будівництва у певному географічному просторі.

В окремих випадках індивідуальні проекти використовують повторно для будівництва за умов схожих з тими, для яких проект розроблявся. У цьому випадку потрібна прив'язка проекту до місцевих умов.

**Типові проекти** призначаються для багаторазового використання. В таких проектах обговорюються умови, на які ці проекти розраховані. При застосуванні типових проектів до них вносять зміни, які враховують кліматичні і гідрогеологічні умови району будівництва, якщо вони відрізняються від тих, що прийняті у проекті. Така робота називається «прив'язкою проекту».

В індивідуальних і типових проектах на будівництво промислових комплексів, будівель або споруд часто застосовують *типові креслення* елементів споруд і будівель, конструкцій, окремих вузлів і деталей.

**Проекти залежно від складності розробляються в одну або дві стадії.** Для технічно нескладних об'єктів, а також для тих, що будуються за проектами масового або повторного використання документація **розробляється в одну стадію – робочий (технічний) проект суміщений з робочими кресленнями.** Для технічно складних об'єктів з метою запобігання похибок і покращення якості технічної документації застосовують **двостадійне проектування.** На першій стадії розробляється робочий (технічний) проект, а потім на його основі – робоча документація для будівництва.

До складу технічного проекту входять лише матеріали, що обґрунтовують проектні рішення і вартість будівництва.

Після затвердження технічного проекту і кошторису до нього розробляються креслення, тобто детальні креслення, які дають можливість здійснювати будівництво у реальному часі.

**Готовий технічний проект** підлягає державній експертизі і узгоджується з іншими організаціями, що мають інтерес до проекту, проводяться тендерні торги підяду на будівництво об'єкту і після укладання договору розробляється робоча документація і відкривається фінансування, розміщуються запити на устаткування, прилади, труби, кабельну продукцію тощо.

### **1.1.1 Робочий проект на будівництво технічно нескладних об'єктів**

Більш трудомісткий, ніж такі ж проекти на будівництво по типових і повторно вживаних проектах або на технічне переозброєння об'єкту без розширення території підприємства, і складається з шести розділів.

**Розділ I** – «Загальна пояснювальна записка» – містить короткий виклад основних рішень по всіх частинах проекту, вихідні дані на проектування, характеристику об'єкту, відомості про дотримання норм, правил, інструкцій і державних стандартів. У техніко-економічній частині записки проводиться аналіз ефективності капітальних вкладень, експлуатаційних витрат, зіставлення техніко-економічних показників проекту з відповідними показниками, затвердженими в генеральній схемі розвитку галузі. Далі дається коротка характеристика району і майданчика будівництва, оцінка оптимальності варіанту розміщення об'єкту (сировинні і енергетичні бази, бази підготовки фахівців, персоналу та ін.), дані по транспорту з визначенням вантажообігу і вибору транспортних засобів, рішення про захист ґрунтів від забруднень. У цей розділ включаються основні рішення за технологією виробництва.

**Розділ II** – «Основні будівельні рішення з кресленнями» або «Генеральний план» (плани, розрізи і фасади індивідуальних будівель і споруд) – містить короткий опис і обґрунтування основних архітектурних будівельних рішень; обґрунтування принципових рішень по освітленості робочих місць, зниженню виробничих шумів і вібрацій, санітарному і побутовому обслуговуванню персоналу; заходи щодо вибухо- і пожежонебезпечності; рішення по захисту будівельних конструкцій від корозії. Приводяться відомості про потреби у воді і можливостях їх задоволення, про кількість і склад виробничих, зливових і побутових стоків; рішення по водопостачанню, каналізації, очищенню, утилізації і скиданню стічних вод. Включаються відомості про потрібну кількість теплоти і електроенергії для опалювання і вентиляції; основні рішення по опалюванню, вентиляції і кондиціонуванню.

У «Генеральному плані» обґрунтовують планувальні рішення, транспортні і людські потоки і вибір видів транспорту. Приводять основні показники по «Генеральному плану» (площа, занята підприємствами, коефіцієнт забудови та ін.)

У розробці розділу беруть участь архітектори і інженери-будівельники, інженери по водопостачанню і каналізації, інженери по опалюванню, вентиляції і кондиціонуванню повітря.

**Розділ III** – «Проект організації будівництва» – містить відомості про генерального підрядника; категорію будівельної складності об'єкту; відомості про подробиці в будівельних конструкціях, виробках, деталях, матеріалах і устаткуванні для будівництва; відомості про об'єми будівельно-монтажних робіт; календарний план виробництва робіт; відомості про потреби в робочій силі, в будівельних машинах і механізмах.

**Розділ IV** – «Кошторисна документація» – включає зведений кошторисний розрахунок, об'єктні і локальні кошторисні розрахунки, кошториси на проектні і дослідницькі роботи, відомість кошторисної вартості будівництва об'єктів.

**Розділ V** – «Паспорт проекту» – складається по затвердженій формі і комплексно характеризує техніко-економічні параметри майбутнього об'єкту. У ньому відображуються потужності, потреби в сировині, паливі і енергоресурсах; асортимент і якість продукції; кошторисна вартість будівництва. Паспорт розробляється після затвердження проекту.

**Розділ VI** – «Робоча документація з кошторисами» включає:

- робочі креслення;
- відомості об'ємів будівельних і монтажних робіт; відомості і зведені відомості потреби в матеріалах постачання підрядника;
- замовлені специфікації на устаткування, вироби і матеріали постачання замовника;
- опитні листи і габаритні креслення на окремі види устаткування, креслення цього устаткування; паспорти будівельних робочих креслень будівель і споруд;
- кошториси; відомість кошторисної вартості об'єктів;
- відомість кошторисної вартості будівельної продукції;
- розрахунки показників зміни кошторисної вартості будівельних робіт, витрат праці і витрати основних будівельних матеріалів при застосуванні досягнень науки, техніки і передового досвіду.

Робоча документація розробляється відповідно до державних стандартів «Системи проектної документації для будівництва».

Замовлені специфікації на устаткування, вироби і матеріали постачання замовника розробляються по затвердженій формі. До постачання замовника відноситься устаткування, прилади, кабелі, велика частина трубопровідної арматури, леговані труби і метали.

Складаються кошториси трьох видів:

- локальний – на будівельні роботи;
- локальний – на придбання і монтаж устаткування;
- об'єктний, що підсумовує два попередні кошториси.

Проектувальники повинні прагнути до скорочення тривалості проектування і по можливості – до одностадійного проектування, широко використовуючи типові і повторно вживані проекти замість

індивідуальних розробок, а також уніфікуючи проектні рішення. Відповідальним за правильне визначення тривалості проектування є головний інженер проекту.

### 1.1.2 Робоча документація

Робоча документація розробляється при двохстадійному проектуванні після розробки і затвердження проекту і підтвердження поставки запланованого устаткування. Ця документація готується у складі і об'ємі, що забезпечують за нею виробництво монтажних і будівельних робіт за вимогами державних стандартів і нормативів.

До її складу входять:

- робочі креслення об'єкту;
- кошторис на будівництво;
- відомості об'ємів будівельних і монтажних робіт;
- відомості і зведені відомості потреби в матеріалах, що складені по видах будівельних і монтажних робіт;
- збірник специфікацій устаткування;
- опитні листи і габаритні креслення на відповідні види обладнання і виробів;
- паспорт будівельних робочих креслень будівель і споруд.

**В робочих кресленнях** за технічним проектом уточнюються і деталізуються рішення, передбачені технічним проектом. До робочих креслень входять креслення генерального плану з вказівкою надземних і підземних комунікацій і транспортних шляхів; архітектурно-будівельні і технологічні креслення; креслення по благоустрою території і озелененню; специфікація щодо замови на обладнання; відомості конструкцій, деталей, виробів, матеріалів і ін.

В процесі підготовки робочої документації проектна організація доробляє і конкретизує принципові рішення, які були прийняті при розробці і затвердженні проекту. При необхідності технологічний відділ проектної організації вносить зміни в технологічну схему виробництва, уточнює розрахункову частину, проводить доробку компоновки устаткування, корегує і видає уточнююче завдання проектувальникам інших відділень.

Важливим етапом підготовки робочої документації є монтажна проробка. **Монтажна проробка** – це процес створення креслень технологічних магістралей і трубопровідної обв'язки технологічного устаткування проектуємого виробництва.

Основою монтажної проробки є:

- принципова технологічна схема виробництва;
- компоновочні креслення в планах і розрізах;
- креслення загального виду устаткування;

- фрагмент генерального плану підприємства з вказівкою місця розташування проектуємого об'єкту і напрямів естакад цього підприємства і підземних комунікацій;

- сортаменти труб та їх деталей.

Монтажна проробка полягає в трасуванні основних технологічних магістралей і трубопровідній обв'язці кожного вузла технологічної схеми з застосуванням умовних зображень окремих елементів (табл. 1.1). Спочатку проводять трасування міжцехових і внутрішньоцехових магістралей, а потім роблять обв'язку кожного технологічного вузла.

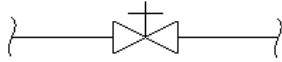

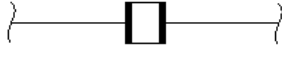
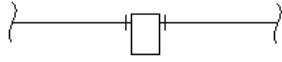
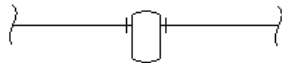

Складовими частинами окремих трубопроводів є циліндричні труби, деталі для з'єднання труб (фланці, муфти), трубопровідна арматура і ін.

За конструкцією запірного пристрою, а також за призначенням арматура поділяється на декілька груп.

Таблиця 1.1

Умовні позначення трубопровідної арматури

Умовні позначення	Назва трубопровідної арматури
	Труба $\varnothing \leq 100$ мм з фланцевим з'єднанням ділянок
	Труба $\varnothing > 100$ мм зі зварним з'єднанням
	Трубопровід з теплоізоляцією
	Трубопровід з тепловим супутником і теплоізоляцією
	Вентиль з фланцевим з'єднанням
	Кран
	Зворотний клапан

Умовні позначення	Назва трубопровідної арматури
	Засувка
	Клапан регулюючий
	Діафрагма витратомірника
 	Конденсатовідводник
	Клапан запобіжний

*Вентилі* є основним запірним пристроєм для рідин і газів за різного тиску і досить високих температур. Вони надійні у роботі, герметичні, плавно регулюють витрати речовини. Втім, вони непридатні для забруднених і легко кристалізуємих розчинів.

*Засувка* – це запірний пристрій на трубопроводах середнього і великого діаметру ( $\varnothing \geq 50$  мм). Переваги перед вентилями: менший опір; невеликі габарити; можуть використовуватися на забруднених потоках. Однак, герметичність є нижчою за герметичність вентилів.

*Крани* як запірна арматура застосовується на трубопроводах діаметром за 200 мм призначених, для транспортування рідин, легко застигаючих продуктів. До недоліків відноситься можливість гідравлічного удару при швидкому відкриванні прохідного отвору. Втім, крани мають і переваги: вони володіють можливістю пропускати рідини, що містять завісі і кристали.

*Запобіжні клапани* призначені для захисту технологічної системи від підвищення тиску вище гранично допустимого.

*Зворотні клапани* монтуються на трубопроводах для запобігання зворотного ходу рідини або газу.

*Редуційні клапани* застосовують для пониження тиску газу у трубопроводах.



*Конденсатовідводники* – це пристрої, що застосовуються для запобігання проскоку водяної пари у лінію збору конденсату.

Трубопровідна арматура може мати різні приводи, що зменшують зусилля при її відкриванні або закриванні.

*Пневмопривід* забезпечує надійну, плавну роботу і вибухонебезпечність.

*Електропривод* встановлюється на засувках, управління якими вимагає значних зусиль.

**Магістральні трубопроводи поділяють** на міжцехові і внутрішньоцехові. Міжцехові трубопроводи проектуються як прямолінійні ділянки – вздовж магістральних проїздів, паралельно лініям забудови цехів. Забороняється проектувати трубопроводи для газів, легкозаймистих і горючих рідин під будівлями, автомобільними дорогами і залізницями.

Для прокладки магістральних міжцехових трубопроводів застосовуються естакади (рис. 1.1), основним елементом яких є залізобетонна

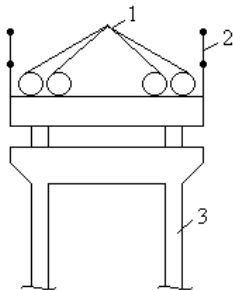


Рис. 1.1 Міжцехова естакада:  
1 – огороження; 2 – труби;  
3 – залізобетонна стійка

стійка 3, з настилом і огорожею 2 для безпечного обслуговування і ремонту трубопроводів.

Міста вводу міжцехових трубопроводів в цех визначаються в процесі компоновки устаткування.

Для прокладки внутрішньоцехових трубопроводів застосовують міжповерхові перекриття, металеві етажерки або стіни виробничих приміщень і прокладають паралельно будівельним осям. Трасування трубопроводів у цехах ведеться обов'язково з нахилом в бік апарата; металеві і неметалеві

трубопроводи розташовують, по можливості, окремими рядами; трубопроводи, що обігріваються, проводять на відстані 3–5 власних діаметрів від інших труб.

**На підставі монтажної проробки розробляється монтажно-технологічна схема**, основою для розробки якої слугує принципова технологічна схема, документи монтажної проробки і креслення технологічного устаткування.

Монтажно-технологічна схема показує через трубопровідну об'язку двобічний зв'язок технологічних вузлів зі схемою контролю і автоматики. Крім того вона вказує на можливості застосування індивідуальних прийомів монтажу устаткування і полегшує читання креслень.

При розробці монтажно-технологічної схеми апарати зображуються по висотним відміткам у масштабі у строгій відповідальності з їх кресленнями. На схемі показуються усі штуцери, люки і пунктиром

внутрішній устрій. Трубопроводи маркують за прийнятими позначеннями і вказують їх характеристику (діаметр, товщину стінки, матеріал).

У нижній частині креслення показують умовно прилади контролю і автоматики, які зв'язують тонкими лініями з апаратами.

Після розробки монтажно-технологічної схеми виконують монтажні креслення. Вони являють собою зображення в ортогональних проекціях трубопроводів і устаткування виробництва, що проектується. Основою для підготовки монтажних креслень є креслення монтажно-проробки і монтажно-технологічної схеми, будівельні креслення і креслення опалювальної і вентиляційної систем. На даному етапі виконують креслення планів і розрізів. Кількість розрізів повинно бути таким, щоб кожний апарат хоча б один раз попав у розріз.

*Кошторис* – це документ, в якому визначається загальна вартість підприємств, будівель і споруд, що проектуються.

**При одностадійному проектуванні** до складу кошторису входять:

- розрахунок зведеного кошторису;
- відомості витрат;
- об'єктивні і локальні кошториси (при тривалості робіт до двох років);
- об'єктивні і локальні кошторисні розрахунки (при тривалості робіт вище двох років);
- кошториси на проектні і дослідні роботи.

**При двостадійному проектуванні** до складу кошторису входять:

- зведений кошторисний розрахунок;
- відомості витрат;
- об'єктивні і локальні кошторисні розрахунки;
- кошторис на проектні і дослідні роботи.

До складу робочої документації входять об'ємні і локальні кошториси.

### **1.1.3 Вибір району розміщення підприємства і майданчика для будівництва**

**В основу вибору району будівництва** має бути покладена схема районного планування економічних районів. При вирішенні питання про вибір району будівництва необхідно враховувати наступні умови:

- наявність зручного місця для будівництва будівель і споруд;
- природні, топографічні, гідрогеологічні, метеорологічні умови;
- наявність сировини;
- наявність залізних і автомобільних доріг, а також водних шляхів зв'язку;
- розміри витрат на будівництво для здійснення транспортних зав'язків в період будівництва і експлуатації підприємства;
- наявність в районі будівництва робочої сили і житлового фонду;
- наявність ринку збуту виробів;

- енергетичні ресурси підприємства;
- можливість постачання підприємства водою;
- можливість кооперації з іншими підприємствами міста.

Після вибору району будівництва вибирають майданчик для будівництва, при цьому передбачають наступні чинники:

- достатні розміри майданчика і можливість його розширення;
- зручності конфігурації ділянки;
- топографічні умови ділянки і прилеглої місцевості, що забезпечують мінімальні витрати на земельні роботи по плануванню майданчика під будівлю і транспортні шляхи;
- задовільні геологічні і гідрогеологічні умови, що забезпечують можливість будівництва без застосування коштовних штучних основ і глибоких фундаментів;
- зручне примикання до магістральних шляхів сполучення (залізничних, автомобільних, водних);
- найвигідніше розташування майданчика до джерел води і місця скидання стічних вод, до джерел енергії і населених пунктів.

**Для правильного вибору майданчика** необхідно враховувати цілий комплекс техніко-економічних вимог до розміщення і планування його території, а також вимоги будівельної кліматології.

Будівельна кліматологія визначає прикладні характеристики клімату, необхідні для проектування, будівництва і експлуатації будівель і споруд.

**Температура повітря.** Залежно від температурного режиму району забудови вибирають тип будівлі, потужність опалювальних систем і вентиляції, теплофізичні характеристики конструкцій, що захищають, і тому подібне. При проектуванні приймають розрахункові температури зовнішнього повітря по будівельних нормах і правилах - СНіП 2.01.01-82.

**Вітер.** Вітер – рух повітря, викликаний перепадом атмосферного тиску, характеризується швидкістю і напрямом, є одним з визначальних параметрів клімату територій забудови і враховується при проектуванні генеральних планів, районного планування і виробничих об'єктів. Вітровий натиск створює додаткові статичні навантаження на будівельні конструкції, збільшує тепловтрати будівель, перерозподіляє снігові, пилові відкладення на територіях забудови і на покрівлях будівель. В процесі проектування зручно користуватися «розою вітрів» – графічним зображенням характеристик вітру, на якому наводяться дані про повторюваність і швидкість вітру за той або інший період на цій місцевості (рис. 1.2).

**Вологість повітря.** Повітря практично завжди містить деяку кількість водяної пари. При проектуванні використовують таку характеристику вологого повітря, як «пружність водяної пари повітря», тобто парціальний тиск водяної пари повітря. Максимально можливе насичення водяними парами при цій температурі і атмосферному тиску

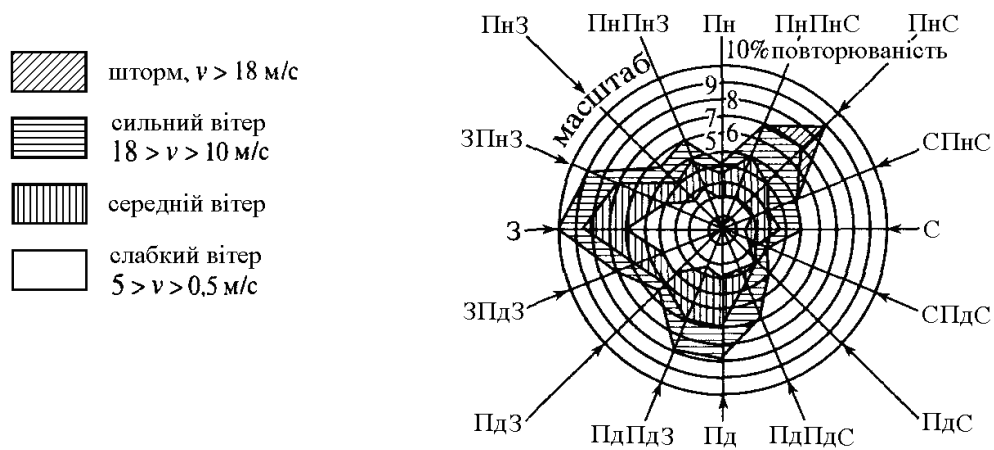


Рис.1.2 Приклад побудови рози повторюваності і сили вітрів:  
Пн – північ; Пд – південь; З – захід; С – схід.

називається *максимальною пружністю водяної пари повітря* (тиск насиченої пари).

Максимальна пружність водяної пари збільшується з підвищенням температури. Міру насичення повітря парами води виражає «*відносна вологість повітря*»( $\gamma$ ), чисельно дорівнює відношенню дійсної пружності водяної пари повітря ( $e$ ) до максимальної пружності водяної пари ( $E$ ), відповідної певній температурі і атмосферному тиску

$$\gamma = \frac{e}{E} \cdot 100$$

При охолодженні повітря внаслідок зменшення максимальної пружності водяної пари відносна вологість повітря збільшується до тих пір, поки не досягне значення 100 %, тобто повітря буде повністю насичено водяними парами. При охолодженні повітря значення температури, при якій дійсна пружність водяної пари досягає максимальної величини, прийнято називати «*точкою роси*». Для проектування будівель, конструкцій, що потребують теплозахисту, і систем опалювання, вентиляції і кондиціонування повітря розроблені СНіП «Будівельна кліматологія і геофізика», в яких приведені пружність водяної пари і зовнішнього повітря по місяцях і середньомісячна відносна вологість повітря для найбільш холодного і найбільш теплого місяців.

**Опади.** Важлива характеристика клімату – кількість опадів в твердій і рідкій фазах (у вигляді снігу і дощу), випадних на землю; сумарних за рік; рідких і змішаних за рік; добовий максимум; об'єми снігопереносу на місцевості; висота і щільність снігового покриву; тривалість стійкого снігового покриву. Дані про кількість опадів використовуються при проектуванні автомобільних доріг, генеральних планів і мікрорайонів забудови, зливової каналізації з території забудови, водостоків з покрівлі будівель, світлових і світлоаераційних ліхтарів, при виборі обробки фасадів.

**Сонячна радіація.** Сонячна радіація, що поступає на землю, є одним з основних кліматоутворюючих чинників місцевості. Інтенсивність сонячної радіації залежить від географічної широти місцевості, стану атмосфери, пори року, висоти стояння сонця. Пряма сонячна радіація – це енергія випромінювання сонця, що досягає поверхні землі без зміни напрямку. Розсіяна сонячна радіація – дифузна складова енергії випромінювання сонця, заміряна на поверхні землі.

**При розміщенні підприємств враховується топографія і форма майданчика,** які створюють певні обмеження при компонуванні планувальних рішень, що задовольняють вимогам технологічного процесу і що забезпечують мінімальний об'єм земляних робіт.

Топографічні дані складаються з горизонтальної і вертикальної зйомки. Геологічні дані складаються з подовжних і поперечних геологічних розрізів, а також з карт зі свідченням ґрунтів, характеристику яких отримують в результаті шурфування і буріння.

Для промислових підприємств непридатні майданчики із слабкими ґрунтами у вигляді пливунів і ґрунтів, що фільтрують, у поєднанні з високими рівнями стояння ґрунтових вод. Небажані і тверді скелясті породи, що доходять до самої поверхні будівельного майданчика, оскільки це утруднює проходку тунелів і каналів. Найкращими ґрунтами для розміщення промислових споруд є щільні гравелісти і сухі суміші, а також сухі супіски і суглинки. Сприятливими в будівельному відношенні є ґрунти однорідної геологічної будови в межах усього майданчика при нормальному тиску на основу не менше 0,15 МПа.

Найбільш важким є відшукування майданчиків із сприятливим рельєфом. Майданчики мають бути з відносно рівною поверхнею і ухилами від 0,3 до 3 % Обмежено придатними вважаються майданчики, що злегка покриваються горбами, і із загальним ухилом від 3 до 5 %, в гірських умовах – до 10 %.

**Санітарні вимоги до вибору майданчика** полягають в розміщенні підприємств з урахуванням організації санітарно-захисних зон, створенні найкращих умов провітрювання території підприємств, забезпеченні сприятливих умов денного освітлення виробничих цехів, проведенні протишумових заходів. При організації території санітарно-захисної зони необхідно враховувати міру забруднення і характер розподілу концентрацій шкідливих речовин на різних відстанях від джерел викиду. Викиди через високі труби підвищують загальний фон забруднень на великих відстанях. Так, зона максимального забруднення при високих і гарячих викидах знаходиться в межах відстані, рівної 10-40-кратній висоті труби. При холодних низьких викидах, а також при неорганізованих викидах, які можна віднести до низьких, зона максимального забруднення знаходиться в межах відстані, рівній 5-20-кратній висоті труби (рис. 1.3, 1.4).

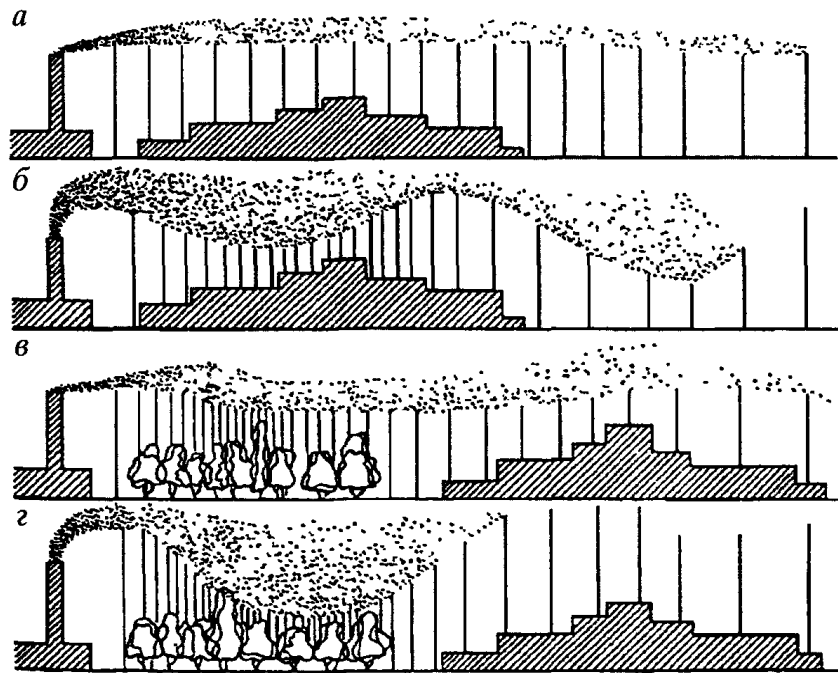


Рис. 1.3 Схема випадання димових частинок за наявності зелених захисних насаджень між забудовою і джерелом задимлення і за відсутності їх: а, в – в умовах вітру, б, г – в умовах безвітря.



Рис. 1.4 Схема випадання димових частинок за наявності зелених захисних насаджень

**Мережа залізничних шляхів на заводській території, інженерно-мережеве господарство і зливостоки вимагають майданчиків зі спокійним рельєфом, але не горизонтальних. Сприятливі майданчики з ухилом близько 10 %.**

**Вибір майданчиків повинен бути підтверджений техніко-економічним обґрунтуванням прийнятих рішень шляхом порівняння різних варіантів розміщення підприємств на різних майданчиках в даному районі.**

### 1.1.4 Організація проектування

Проектування промислового об'єкту (підприємства, цеху, установки, відділення) виробництв активних фармацевтичних інгредієнтів – це процес переробки вихідної інформації, отриманої в результаті експериментів, в кінцеву інформацію, необхідну для створення (будівництва і монтажу) промислового об'єкту. В результаті отримують проектно-кошторисну документацію, що є сумою текстових і графічних матеріалів, які описують і зображають з мінімально необхідним ступенем деталізації майбутній об'єкт в цілому і його складові частини. Раціональне і економне використання капітальних вкладень в будівництво в значній мірі залежить від якості проектування і рівня розробки проектно-кошторисної документації для будівництва. В ході проектування закладаються основи економічної ефективності майбутнього виробництва. Проектні і дослідницькі організації є спеціалізованими.

**Проектування підприємств хіміко-фармацевтичної промисловості здійснюється проектними організаціями по завданнях замовників.** Замовником можуть бути фізичні або юридичні особи, яким надано право капітальних вкладень в створення нових підприємств, будівель і споруд на земельній ділянці, відведеній їм по державному акту, а також право капітальних вкладень в реконструкцію і технічне переозброєння підприємств, що діють.

Замовник готує, погоджує і видає проектувальникові затверджене завдання на проектування. Проектувальник укладає договори на виконання проектно-дослідницьких робіт із замовником і, якщо необхідно, – з субпідрядними проектними організаціями.

На основі проектно-кошторисної документації будівельно-монтажні організації здійснюють будівництво промислових об'єктів.

Промислове капітальне будівництво підрозділяється на

- будівництво нового підприємства;
- розширення того, що діє;
- реконструкцію і технічне переозброєння виробництва.

**Новим будівництвом** називають споруду нового заводу або подальших його черг. До нового будівництва вдаються тільки в тих випадках, коли необхідна продукція (по асортименту, кількості і якості) не може бути отримана в результаті реконструкції або технічного переозброєння підприємств, що діють.

**Розширення також є новим будівництвом.** Його здійснюють для збільшення потужності підприємства, що діє, з одночасним поліпшенням техніко-економічних показників, які не можуть бути досягнуті шляхом реконструкції або технічного переозброєння. При розширенні підприємства, що діє, здійснюється будівництво другої і подальших його черг; додаткових виробництв; нових цехів (або розширення цехів, що діють) основного виробничого призначення; нових об'єктів допоміжного і обслуговуючого призначення, необхідних для додаткових виробництв;

нових або таких, що розширюються; цехів основного виробництва, що діють.

**Реконструкція** полягає у повному або частковому переобладнанні на базі нової техніки і технології, але без будівництва нових або розширення цехів основного виробничого призначення, що діють. При реконструкції замінюють зношене і морально застаріле устаткування, засоби автоматизації, механізації тощо.

Крім того, до реконструкції відносяться роботи по зміні профілю підприємства і організації виробництва нової продукції на існуючих виробничих площах; будівництво нових об'єктів тієї ж потужності і того ж призначення замість ліквідованих об'єктів, подальша експлуатація яких визнана недоцільною.

Реконструкція підприємств має наступні переваги в порівнянні з будівництвом нових аналогічних підприємств або розширенням тих, що діють:

- відсутність необхідності освоєння нового району або майданчика будівництва;
- можливість використання існуючих будівель, інженерних споруд і комунікацій;
- скорочення тривалості і кошторисної вартості будівництва за рахунок меншого об'єму робіт;
- наявність колективу кваліфікованих працівників;
- скорочення термінів введення в дію і освоєння виробничих потужностей.

**Технічне переозброєння підприємств, що діють**, здійснюється без збільшення виробничих площ і без модернізації об'єктів основного виробничого призначення, якщо в результаті останньої виникає необхідність зміни профілю підприємства і будівництва нових об'єктів тієї ж потужності і того ж призначення замість ліквідованих.

**На початковому етапі проектування нового виробництва активних фармацевтичних інгредієнтів виділяється два ключових етапи:**

- передпроектна розробка;
- підготовка вихідних даних на проектування.

На заключному етапі проектування створюється технічний проект майбутнього виробництва.

## **1.2 Основні етапи проектування хіміко-фармацевтичних підприємств**

Будівництву хіміко-фармацевтичного підприємства, цеху або іншої споруди передуює розробка проекту, створення якого потребує тривалого часу, залучення до його виконання спеціалістів різних професій, значних організаційних зусиль та фінансових витрат.



**Технічний проект** в широкому розумінні - це комплекс технічних документів, що містить опис з принциповими обґрунтуваннями, розрахунки, креслення, макети призначених до будови, виготовлення або реконструкції споруд, установок, машин, апаратів, приладів тощо.

Важливою частиною проекту хіміко-фармацевтичного виробництва є архітектурний проект.

**Архітектурний проект** є документом, в якому виражені будь-яким образотворчим способом (макет, малюнок, креслення, фото) матеріальна (будівельно-технічна) і ідейно-художня (естетична) основи майбутньої будівлі, споруди або комплексу, що втілюють науково-обґрунтовану композиційну ідею раціональної організації простору для діяльності людини.

**Проект хіміко-фармацевтичного підприємства** складається з трьох основних частин:

- технології виробництва, як системи устаткування для виготовлення продукції, заснованої на новітніх досягненнях науки і техніки в даній і суміжних областях народного господарства;

- об'ємно-планувального рішення, що забезпечує оптимальний технологічний процес в його постійному розвитку, простоту і універсальність економічного інженерно-будівельного рішення, створення трудового і побутового комфорту працівником, ідейно-художню виразність образу споруди в цілому і красу окремих його деталей;

- раціональних будівельних (архітектурний проект) конструкцій і інженерного устаткування, які забезпечують найкращі умови для організації технологічного процесу і розвитку його в часі, та відповідають умовам механізованого будівельного виробництва і є органічною основою об'ємно-планувальної побудови споруди або комплексу.

Таким чином, область архітектурного проектування промислових підприємств – це така область творчості, в якій комплексно вирішуються багато науково-технічних, економічних, будівельних і естетичних питань, серед яких особливе місце займають проблеми, пов'язані з турботою про здоров'я, зручності в роботі і відпочинку працівників промисловості.

В проектуванні і будівництві сучасних хіміко-фармацевтичних підприємств приймають участь фармацевти-дослідники, інженери, архітектори, інженери-будівельники, механіки, електрики, санітарні техніки, транспортники, лікарі, соціологи, екологи і інші спеціалісти.

В ланцюзі послідовних ступенів створення хіміко-фармацевтичних підприємств та окремих виробництв мають місце такі етапи:

- проектні дослідження;
- інженерні вишукування;
- передпроектна розробка;
- підготовка вихідних даних на проектування;
- розробка проекту на будівництво;
- будівництво об'єкту і монтаж обладнання;
- впровадження об'єкта у виробництво.

## 1.2.1 Проектні дослідження

### 1.2.1.1 Загальні уявлення про проектні дослідження

Проектні дослідження спрямовані на удосконалення розробки технології хіміко-фармацевтичних виробництв. Вони проводяться як на самих ранніх стадіях експериментальних робіт, так і в процесі подальших експериментів і етапів проектування.

Під проектним дослідженням розуміють виконання комплексу інженерних розрахункових і графічних робіт з метою отримання інформації щодо об'єкта виробництва, що вивчається, до умов реалізації його у промисловому масштабі.

В процесі проектного дослідження обґрунтовується вибір методу виробництва і визначаються основні напрями подальших експериментів.

Багаторічний дослід розробки технології хіміко-фармацевтичних виробництв показав, що вже у науково-дослідних технологічних установах повинні визначатися контури майбутнього виробництва у вигляді його розрахунково-графічної моделі. До того ж, за результатами проектного дослідження формулюються питання, які необхідно включати у програму подальших експериментальних розробок.

Основним методом проектного дослідження є інженерні і економічні розрахунки і аналіз даних розрахунково-графічної частини моделі майбутнього виробництва.

**Головною задачею проектного дослідження** обґрунтований вибір методу виробництва і визначення основних напрямів подальших експериментів. Рішенню цієї задачі передують розробка основних апаратурно-технологічних вузлів і комплексна розробка технологічної схеми виробництва, створення розрахунково-графічної моделі майбутнього об'єкта, визначення основних техніко-економічних показників розробляемого методу.

Якщо проектне дослідження ведеться по матеріалах лабораторних досліджень, то на його основі розробляються робочі проекти пілотних або дослідних установок. Якщо проектне дослідження здійснюється по матеріалах завершеної роботи, то воно може бути одночасно і вихідним документом (рекомендацією) для проектування промислового об'єкту.

Більшість активних фармацевтичних інгредієнтів можуть бути отримані різними методами, що відрізняються вихідною сировиною, способом його переробки, апаратурним оформленням процесу, виходом кінцевого продукту, його якістю і методом його очистки, об'ємом і складом відходів виробництва. Тому, при веденні проектного дослідження поряд з розробкою хімічних і інженерних аспектів, необхідно виявляти основні техніко-економічні показники конкуруючих методів.

Виконання цієї задачі можливо лише при участі в її рішенні інженерів-технологів, механіків та економістів, здатних проаналізувати

новий метод виробництва, виходячи з вимог до проекту хіміко-фармацевтичного об'єкта.

При освоєнні нового технологічного процесу інколи виникають проблеми, що пов'язані з недоробкою інженерних рішень. Наприклад, інженер-фармацевт інколи підчас лабораторних досліджень більше приділяє уваги хімічним перетворенням і недостатньо – вивченню технологічних питань. Такий недолік в дослідженнях може привести до серйозних ускладнень на наступних стадіях проектування та будівництва і монтажу обладнання, а що ще гірше, в період пуско-наладжувальних робіт.

Перший варіант проектного дослідження повинен створюватись на самому початку розробки нового метода виробництва, оскільки це дозволяє вже на самому початку дослідження одержати орієнтовні дані щодо техніко-економічних показників метода, без яких неможливо оцінити конкурентоспроможність розробляемого методу.

В процесі проектного дослідження виконується перша комплексна технологічна інтерпретація методу, підготовлюється перший варіант технологічної схеми, визначаються методи транспортування сировини, проміжних продуктів і готової продукції та вимоги до матеріалів і конструкції апаратів, до контролю і регулюванню технологічного процесу. Більш детально визначаються задачі механізації трудомістких процесів.

В подальшому апаратурно-технологічною розробкою займаються спеціалісти, що проводять експериментальні роботи в масштабах пілотних і напівзаводських досліджень. При цьому роль спеціалістів, що виконують проектні дослідження на цьому етапі, полягає в систематичному інженерному аналізі апаратурно-технологічного оформлення процесу в міру надходження додаткової інформації по цьому питанню.

Подібний метод дає можливість встановити ефективний творчий зв'язок між колективами, що розроблюють хімічну схему виробництва, і колективами, що вирішують задачі апаратурно-технологічного оформлення процесу. В зворотному порядку, інформація, одержана в колективах, що займаються експериментальними роботами технологічного профілю, використовуються колективами, що займаються проектними дослідженнями, при повторних інженерних аналізах.

### **1.2.1.2 Розрахунково-графічна модель промислового об'єкту**

В результаті проектного дослідження створюється розрахунково-графічна модель промислового об'єкту, на основі якої виконується техніко-економічний аналіз методу, і визначаються подальші напрями експериментальних досліджень. Вона є також основою для проектування пілотних і дослідних установок.

**Розрахунково-графічна модель майбутнього виробництва** – це сукупність інформації, яка дозволяє виконати основні напрями його

подальшої розробки. До складу розрахунково-графічної моделі промислового цеху входить як мінімум і метод її переробки:

- характеристика сировини, допоміжних матеріалів і готового продукту (технічні умови, фізико-хімічні константи, характеристика токсичності та вогне-, вибухонебезпечності);

- основні дані щодо методу переробки сировини (хімізм процесу і перелік основних технологічних стадій, схема виробництва з описом, специфікація устаткування);

- основні техніко-економічні показники методу (витратні коефіцієнти за сировиною і енергією, кількість і склад відходів і стічних вод, відомості щодо штатів, собівартість готової продукції, капітальні витрати).

Проектні дослідження відрізняються від розрахунково-графічної моделі майбутнього хіміко-фармацевтичного об'єкту тим, що містять ще і аналіз даних розрахунково-графічної моделі з висновками і пропозиціями за програмою майбутніх досліджень.

**Розрахунково-графічна модель** дозволяє до реалізації хіміко-технологічного процесу у промисловості вивчити вплив на його вихідні параметри різних змін в процесі або в його апаратурному оформленні. За цією моделлю можливо прогнозувати основні показники ще неіснуючого виробництва. Крім того, при відносно незначних витратах праці і часу можливо вивчити на моделі: вплив на кінцеві показники процесу змін у матеріальних співвідношеннях і якості вихідної сировини; ефективність замикання циклу по промивних водах і розчинниках; доцільність регенерації розчинника чи віддати перевагу знешкодженню; ефективність механізації трудомістких операцій; доцільність того чи іншого апаратурного оформлення окремих вузлів технологічної схеми тощо.

Розрахунково-графічна модель вибраного методу виробництва є вихідним матеріалом для розробки технічних рекомендацій для проектування пілотних і дослідних установок. На основі подальших експериментів на пілотних і дослідних установках уточнюють розрахунково-графічну модель вибраного метода.

Таким чином, перегляд і уточнення розрахунково-графічної моделі і проектного дослідження проводять, як правило, після кожного етапу дослідних робіт, тобто проектні дослідження мають місто у кінці кожного етапу і передують початку нового етапу, який характеризується збільшенням масштабу апаратури і розширенням границь досліджень.

**Необхідність повторних проектних досліджень** витікає з того, що точність і надійність їх результатів знаходиться у прямій залежності від точності і надійності вихідних даних, для розрахунків. Перший варіант проектного дослідження виконують, зазвичай, на початку розробки нової технології, коли фактичний матеріал дуже обмежений. Тому для уточнення висновків проектного дослідження і підвищення його надійності необхідна поява ширшої і надійної інформації про метод і проектне дослідження в цілому.

### 1.2.1.3 Методологія проектних досліджень

Проектні дослідження, як правило, починаються зі збору інформації про можливі методи виробництва даного продукту і складання огляду літератури з їх критичним аналізом і оцінкою.

Проектне дослідження містять типові елементи проектної документації, що найбільш повно характеризують метод виробництва (див. вміст розрахунково-графічної моделі промислового об'єкту). Інші розділи промислових об'єктів (будівельні, електротехнічні та ін.) на цьому етапі відображають тільки у розрахунках капітальних витрат і собівартості готової продукції, складених по укрупнених показниках.

Проектні дослідження значно економлять кошти і час, витрачаємий на створення нового виробництва. Як правило, технологічний процес вивчається і розробляється по декількох напрямках. Вибір метода в процесі проектного дослідження дозволяє обмежити експериментальні роботи найбільш перспективними напрямками, частіш за все, одним-двома, які відрізняються найбільш високими техніко-економічними показниками.

При розробці технології малотоннажних виробництв слід розрізнити два випадки:

- розробка технології виробництва з передбаченим випуском продукту на індивідуальній технологічній схемі;
- розробка технології групи малотоннажних виробництв зі схожими хімізмом і технологією процесу.

У першому випадку задачі проектного дослідження є звичайними, викладеними вище, при цьому, для виробництв нескладної технології є можливим вести проектування промислового об'єкту, минуючи стадію проектного дослідження.

У другому випадку задачею проектного дослідження є уніфікація технології, сировини, проміжних і допоміжних продуктів, апаратури, методів контролю і механізації технологічних процесів. При цьому, одна із задач такого проектного дослідження – це розробка уніфікованої технологічної схеми для групи малотоннажних виробництв, видача для проектування сумарної потужності виробництва з можливістю у подальшому варіювати асортимент і потужність виробництв окремих продуктів цієї групи в межах заданої технології, приведеної потужності і асортименту. Цю роботу починають в період лабораторних досліджень і закінчують виданням документації на проектування.

Об'єктом проектного дослідження є будь-який закінчений етап експериментальних розробок, оскільки кожний з них дає нову інформацію, яка корегує наші уявлення щодо технологічної схеми устаткування нового промислового об'єкту.

Заключним станом розробки нового виробництва є монтаж пілотної чи дослідної установок, для яких проектне дослідження може бути відправною позицією для їх створення.

Схематично послідовність розробки проектного дослідження може бути представлена наступним чином (рис. 1.5):



Рис. 1.5 Схема розробки проектного дослідження

За цією схемою на першому етапі розробки проектного дослідження є залучення максимально повного об'єму інформації про сировину і методики її переробки за методом виробництва, що аналізується; другий етап – розробка розрахунково-графічної моделі промислового об'єкту. Сюди входить розробка апаратурно-технологічного оформлення методу з виводом основних техніко-економічних показників виробництва; третій етап – це уточнення розрахунково-графічної моделі промислового цеху зі складанням висновків і визначенням напрямку подальших досліджень; четвертий етап – уточнення розрахунково-графічної моделі промислового цеху, включаючи розробку технічних рекомендацій для проектування. Технічні рекомендації для проектування на даному етапі дозволяють значно скоротити об'єм передпроектної розробки нових виробництв, яку ведуть проектні організації.

У проектному дослідженні поряд з визначенням основних показників методу виробництва певною мірою виявляється повнота і якість експериментального матеріалу і придатність його для використання на наступних етапах: від лабораторних досліджень до досліджень на пілотних установках, від пілотних до напівзаводських, від напівзаводських до промислового проектування. Спеціалісти, що розробляють проектні дослідження, приймають участь безпосередньо у розробці апаратурного

оформлення технологічного процесу. Цю роботу вони виконують у тісному контакті з дослідниками-експериментаторами і разом з ними формулюють висновки проектного дослідження.

Проектні дослідження, проведені на будь-якій стадії розробки технологічного процесу, дозволяють точніше оцінити якість проведених досліджень, точність вибраного напрямку і ступінь розробки методу.

Таким чином, проектне дослідження є одним із шляхів удосконалення методів розробки нових хіміко-фармацевтичних виробництв. Вони підвищують інженерний рівень розробок, значно скорочують термін проектування і будівництва нових об'єктів.

### **1.2.2 Інженерні вишукування у будівництві**

Інженерні вишукування у будівництві хіміко-фармацевтичного об'єкту – це роботи щодо комплексного вивчення природних умов району чи будівельного майданчика, на якому буде розташовано майбутнє підприємство, будівельних матеріалів, джерел водопостачання, і одержання вихідних даних для розробки екологічно доцільних і технічно обґрунтованих рішень при проектуванні і будівництві об'єкту з урахуванням охорони навколишнього середовища, а також отримання даних щодо складання прогнозу змінення навколишнього середовища під впливом будівництва та експлуатації хіміко-фармацевтичного підприємства.

Інженерні вишукування є одним із найважливіших видів будівельної діяльності, з яких починається процес будівництва об'єкту і його експлуатації. Комплексний підхід, об'єднуючий різні види інженерних вишукувань, дозволяє проводити різнобічне і своєчасне обстеження будівельних майданчиків, будівель та споруд. Вони є важливим матеріалом для складання технічного проекту, кошторисної документації і робочих креслень.

Інженерні вишукування, як правило, здійснюються на усіх стадіях реалізації завдання на проектування технічного проекту (рис.В.1).

До складу робіт за інженерними вишукуваннями входять:

- інженерно-геодезичні вишукування;
- інженерно-геологічні вишукування;
- інженерно-гідрометеорологічні вишукування;
- інженерно-екологічні вишукування та ін.

**Інженерно-геодезичні вишукування** ведуться для одержання топографо-геодезичних матеріалів і даних про ситуацію і рельєф місцевості, і інші елементи майбутнього будівельного майданчика, необхідні для комплексної оцінки природних і технологічних умов території будівництва і обґрунтування проектування будівництва, експлуатації і ліквідації об'єкту.

**Інженерно-екологічні вишукування** проводяться з метою комплексного дослідження екологічної ситуації ділянки під забудову і

виявлення наявності умов ведення певної промислової діяльності, а також впливу даного виду діяльності на навколишнє середовище.

Матеріали інженерно-екологічних вишукувань мають важливе значення для розробки еколого-гігієнічних заходів і формування екологічного обґрунтування будівництва.

Заключними документами інженерно-екологічних випробувань є протоколи і експертні висновки акредитованої лабораторії по видах досліджень; довідка щодо фонових концентрацій речовин, що забруднюють атмосферу; довідка щодо кліматичних характеристик.

**Інженерно-геотехнічні вишукування** спрямовані на вивчення якості ґрунтів і ґрунтових масивів, що складають основу будівельного майданчика, вибраного для будівництва, і можуть бути використаними як основа будівель, середовища для устрою підземних споруд, а також для оцінки сталості природних ґрунтових масивів і відкосів.

Інженерні вишукування є важливою складовою вихідних матеріалів щодо обґрунтування інвестицій у будівництво хіміко-фармацевтичного об'єкту. Вони повинні певним чином забезпечити одержання необхідних і достатніх даних про природні технологічні умови варіантів площадок розміщення об'єкту будівництва для обґрунтування вибору майданчика, визначення базової вартості будівництва, прийняття принципів об'ємно-планувальних і конструктивних рішень щодо будівель і споруд та їх інженерному захисті, складання схем розміщення об'єктів будівництва (ситуаційний і генеральний план), оцінку впливу об'єктів на навколишнє середовище.

**Інженерні вишукування для будівництва з метою розробки проекту підприємства, будови або споруди** повинні забезпечити одержання необхідних і достатніх матеріалів і даних щодо природних і техногенних умов і прогноз їх змін, для розробки проектних рішень по території вибраного майданчика об'єкта будівництва на стадії «проект».

На стадії «проект» інженерні вишукування повинні забезпечувати одержання необхідних матеріалів для обґрунтування компоновки будівель і споруд, прийняття конструктивних і об'ємно-планувальних рішень по них, складання ситуаційного і генерального планів проектуемого об'єкту, розробку матеріалів і проектування споруд інженерного захисту, заходів по охороні навколишнього середовища, проекту організації будівництва.

Інженерні вишукування для будівництва з метою розробки робочої документації на будівлі і споруди повинні забезпечити деталізацію природних умов в межах сфери взаємодії будівель і споруд з навколишнім середовищем.

Інженерні вишукування на стадії «робоча документація» сприяють одержанню матеріалів, необхідних для розрахунків окремих елементів будівель і споруд, їх інженерного захисту, розробки і уточнення проектних рішень по окремих питаннях, що виникають при розробці проекту, узгодження і затвердження проекту по об'єкту будівництва.



Інженерні вишукування в період будівництва і експлуатації об'єктів виконуються з метою підвищення сталості, надійності і експлуатаційної придатності будівель і споруд, охорони здоров'я працюючих і повинні забезпечити матеріали для:

- встановлення відповідності або невідповідності природних умов, закладених у робочій документації, фактичним;
- оцінки якості споруд, що будуються, та перевірки відповідальності її проектним вимогам з установкою, за необхідністю, контрольно-виміральної апаратури;
- оцінки стану будівель і споруд і ефективності роботи систем їх інженерного захисту;
- виконання інженерно-геодезичних, інженерно-геологічних і інших робіт і досліджень;
- локального моніторингу компонентів навколишнього середовища.

### **1.2.3 Передпроектна розробка**

Перша стадія проектних робіт – *передпроектна розробка* включає

- техніко-економічне обґрунтування (ТЕО);
- вибір майданчика (якщо це необхідно);
- підготовку завдання на проектування.

#### **1.2.3.1 Техніко-економічне обґрунтування**

Головним завданням при складанні ТЕО є визначення економічної доцільності і технічної необхідності створення даного об'єкту. До основних питань, що розробляються в ТЕО, в першу чергу відносяться: визначення і обґрунтування потужності виробництва, номенклатури і якості продукції; вибір методу виробництва, виявлення потреби в сировині, матеріалах, енергетиці, уточнення технічних вимог до джерел їх надходження, проблеми кооперації з іншими підприємствами, забезпечення чистоти водного і повітряного басейнів та ін. ТЕО є також вихідним документом для видачі завдань на розробку нових типів устаткування і складання програм науково-дослідних робіт.

При виконанні ТЕО уточнюють вибір майданчика для будівництва і визначають розрахункову вартість будівництва і основні техніко-економічні показники підприємства (виробництва).

У ТЕО дається короткий опис технологічного процесу, ескізної технологічної схеми, основні дані по генеральному плану, відомості про будівельні, архітектурно-планувальні і конструктивні рішення будівель і споруд, про складське господарство, ремонтну службу, про заходи щодо охорони навколишнього середовища. Приводяться основні рішення по організації будівництва і виконується розрахунок його вартості. Визначені в ТЕО витрати не можуть бути перевищені при подальшому проектуванні.

У ТЕО розраховують наступні показники: собівартість продукції; річний випуск товарної продукції (у оптових цінах, що діють, і за повною собівартістю); прибуток; чисельність персоналу (зокрема робочого); річний фонд заробітної плати; продуктивність праці; загальну кошторисну вартість будівництва, зокрема на промислове будівництво, устаткування і житлове будівництво; питомі капітальні вкладення; виробничі фонди (зокрема основні і оборотні); рентабельність фондів (%); термін окупності капітальних вкладень (число років); фондівіддачу; річну потребу в основних видах сировини (тис. т за рік), оборотній воді (м<sup>3</sup>/год), річковій воді (м<sup>3</sup>/год); вантажообіг по прибуттю і відправленню (тис. т за рік); потреба в території (га).

Потужність нового виробництва визначається потребою суспільства не менш, ніж на п'ять років наперед з можливістю розширення виробництва.

Для визначення потужності застосовують *балансовий і статистичний методи*. За балансовим методом виходять з кінцевих показників розвитку ринку збуту на період, що планується. Статичний метод передбачає вивчення ринку збуту. Цей метод дозволяє прогнозувати темпи росту споживання даного продукту, що дає можливість встановлювати послідовність введення потужностей, починаючи з дослідно-промислової установки і закінчуючи великим промисловим цехом.

**При виборі метода виробництва** використовують такі показники, як

- техніко-економічні показники;
- можливість забезпечення виробництва сировиною;
- доставка сировини і вивіз готової продукції;
- наявність сучасного устаткування для реалізації вибраної технології;
- забезпечення заданої потужності і якості готової продукції;
- забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці;
- забезпечення технологічної і екологічної безпеки.

Існуючі способи розробки технології отримання цільових продуктів включають два основних етапи: вибір метода і розробки та оптимізація технологічної схеми виробництва, що проектується.

Вибір оптимального маршруту виробництва продукту здійснюють технологи-дослідники, застосовуючи відомі реакції, або хімічні аналогії. Для цього задаються видом вихідної сировини і її ресурсами, одержують оцінки можливого виходу цільового продукту і ступені використання вихідної сировини.

На цьому етапі складаються постадійні матеріальні розрахунки за аналізуючим методом, які дозволяють провести попередній розрахунок економічної ефективності методу (технології) виробництва, що базується на передбачуваній вартості вихідної сировини і цільового продукту без врахування капітальних і експлуатаційних витрат. В результаті таких

розрахунків визначається доцільність подальшої проробки даної технології цільової продукції.

Більшість хімічних продуктів можуть бути одержані за різними схемами і з різної сировини. Тому, при розробці технологічної схеми хімічного виробництва перевіряються як ресурси сировини, так і витрати на неї по технології, що рекомендується, порівняно з витратами по інших відомих технологіях.

Виробництво активних фармацевтичних інгредієнтів характеризується великим асортиментом продуктів. При цьому у навколишнє середовище викидаються значні кількості шкідливих відходів виробництва – газоподібних, рідких та твердих. Звідси, необхідно розробляти технології з утилізації відходів з одержанням з них корисних речовин або технології знешкодження відходів, які б дозволяли скид забруднюючих речовин у біосферу тільки у дозволених кількостях. Крім того, необхідно ураховувати, що виробництва активних фармацевтичних інгредієнтів використовують велику кількість води і енергії, а також часто за рахунок хімічних перетворень виділяються значні кількості тепла. Все це потребує таку організацію виробництва, яка б дозволяла багаторазове використання води і застосування залишкового тепла на різних стадіях виробництва або для побутових потреб.

У світі спостерігається прагнення до скорочення природних ресурсів і підвищення ступеня використання природних і енергетичних ресурсів, оскільки світовий досвід показує, що 80 % економії матеріальних ресурсів досягається за рахунок впровадження енергозберігаючих технологій і лише 20 % - з іншими заходами. Не менше 50 % економії паливно-енергетичних ресурсів одержується за рахунок удосконалення технологічних процесів і ще 20 % - шляхом більш повного використання вторинних енергетичних ресурсів.

На сьогодні можна визначити два основних напрями розвитку виробництв.

Перший напрям передбачає реконструкцію діючих виробництв і створення технологій з більш глибокою очисткою відходів виробництва. Такий напрям в даний час досить широко застосовується, але він є малоефективний за причини неповної очистки викидів від шкідливих речовин, і вони потрапляють у біосферу. Крім того, очищувальні споруди, як правило, є досить коштовними, займають великі площі, споживають великі кількості матеріалів і енергії, і, що є дуже важливе, створюють нові проблеми знищення відходів.

Другий напрям передбачає створення технологій і розробку нових технологій, які б передбачали повну переробку сировини у продукт з застосуванням вторинних енергоресурсів на базі принципів рециркуляції і циклічності. Другий напрям поки не знайшов широкого застосування: реконструювати існуючі виробництва до такого ступеня неможливо, оскільки в них, як правило, закладена технологія, якою передбачається вивід з процесу різних потоків. Втім, за умов створення сучасних

виробництв необхідно залучати принцип комплексного використання сировини, тобто вихідна сировина повинна цілком перероблятися у корисні кінцеві продукти.

Основні принципи, спрямовані на повне корисне використання вихідної сировини і енергетичних ресурсів, а також на охорону навколишнього середовища можуть бути поділені на дві групи:

#### **Хімічні:**

- створення малостадійних хімічних процесів;
- розробка методів утворення продуктів із дешевої сировини;
- розробка хіміко-технологічних процесів з максимальною селективністю;
- розробка технологій з високою конверсією реагентів;
- застосування «супряжених» методів хімічного синтезу.

#### **Технологічні:**

- застосування суміщених технологічних схем;
- повнота виділення продуктів із реакційної суміші;
- розробка процесів з низьким енергоспоживанням;
- повнота застосування енергії системи;
- розробка технологій з мінімальними витратами води і її кругообіг;
- повне використання газових потоків і очистка газових викидів;
- залучення в технологію апаратів великої потужності;
- застосування безперервних процесів;
- повнота використання рідких і твердих відходів, або їх знешкодження;
- високий рівень механізації і автоматизації;
- високий рівень надійності функціонування хіміко-технологічних систем.

Наведені вище принципи досить складно застосовуються за умов синтезу, оскільки більшість виробництв активних фармацевтичних інгредієнтів є багатоасортиментними і малотоннажними, в яких переважає періодичний спосіб організації процесів і є характерним: багатостадійність, строга послідовність технологічних операцій і стадій у часі; відокремленість апаратурних стадій у просторі.

**Ескізна технологічна схема є складовою ТЕО.** Вона розробляється на основі вибраної технології. На ескізній схемі вказують основні технологічні стадії і матеріальні потоки між ними, вказують лімітуючу стадію і стадію, яка підлягає удосконаленню (якщо така існує). Розробка ескізної схеми полягає у встановленні сукупності процесів, спрямованих на випуск продукції заданої кількості і якості за мінімальною собівартістю (рис. 1.6).

**Хіміко-фармацевтичні процеси поділяються** на основні (хімічні, фізико-хімічні, механічні) і допоміжні (транспортування, упаковка, складування, видалення відходів тощо).

Технологічні стадії умовно зображують прямокутниками або кружечками (рис. 1.6)

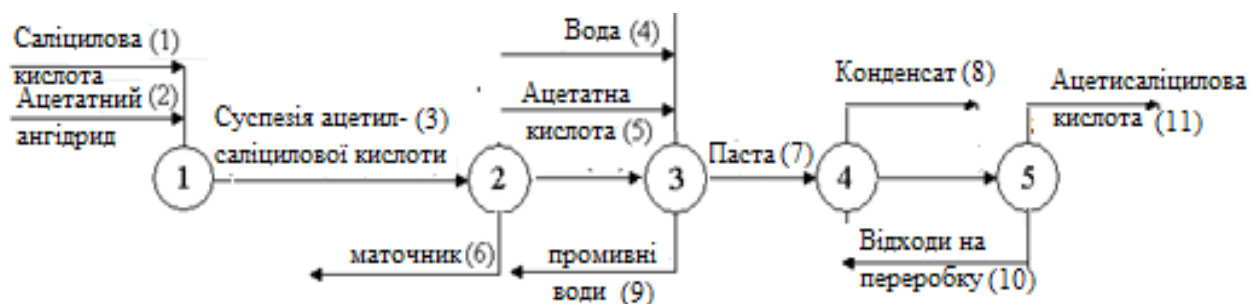


Рис. 1.6 Ескізна технологічна схема матеріальних потоків виробництва ацетилсаліцилової кислоти.

1 – ацилювання саліцилової кислоти; 2 – фільтрація ацетилсаліцилової кислоти; 3 – центрифугування; 4 – сушка; 5 – просіювання.

Керуючись ескізною технологічною схемою, розпочинають попередні матеріальні і енергетичні розрахунки, які є основою для попередніх розрахунків витратних норм по сировині і енергетиці на одиницю готової продукції, об'ємів і складів реакційних мас по кожній стадії процесу, кількості і складу відходів виробництва. Розрахунки матеріальних балансів стадій, по яких відбуваються хімічні перетворення, ведуться з залученням стехіометричних рівнянь реакцій.

### 1.2.3.2 Вибір майданчика будівництва для об'єкту

Проектуванню нового підприємства передуює вибір майданчика будівництва. При розширенні діючого підприємства вибір майданчика проводиться, якщо розширювана частина не вписується в раніше відведену підприємству земельну ділянку.

Відповідальним за організацію вибору майданчика будівництва є замовник проекту. Проектувальник за дорученням замовника здійснює попередній вибір декількох варіантів розміщення підприємства. У комплекс робіт по виборі варіантів входять:

- інженерні обстеження і в необхідних випадках – дослідження в об'ємі, потрібному для вибору майданчика;
- отримання у зацікавлених організацій попередніх умов на підключення об'єкту до інженерних і транспортних комунікацій;
- розробка проектних пропозицій по технологічній схемі і складу заводу, схемі генерального плану, енерго- і водопостачанню, транспорту сировини і готової продукції, захисту навколишнього середовища, житлово-цивільному будівництву;
- техніко-економічне порівняння вибраних варіантів з пропозицією оптимального варіанту.

Після вибору майданчика будівництва на підставі ТЕО розробляється завдання на проектування (ПЗ).

### 1.2.3.3 Завдання на проектування

Відповідальним за розробку проектного завдання є замовник проекту. Безпосередня розробка завдання на проектування проводиться генеральним проектувальником за дорученням замовника.

**Завдання на проектування повинне містити наступні відомості:**

- найменування виробництва і підприємства;
- найменування організації, що є генеральним проектувальником;
- підстава для розробки проекту (ухвала директивних органів, наказ міністерства);
- посилення на затверджене ТЕО;
- число черг будівництва об'єкту (одна або декілька);
- найменування об'єктів-аналогів, з показниками яких порівнюються техніко-економічні показники, що приймаються;
- пункт будівництва, дані про проектну потужність, метод виробництва, технологічну схему виробництва, вимоги по впровадженню нового прогресивного устаткування, по розміщенню технологічного устаткування поза будівлями і в неопалювальних будівлях;
- режим роботи виробництва (безперервний, періодичний);
- необхідність розробки АСУП і АСУ ПТ;
- основні техніко-економічні показники, які повинні бути досягнуті відповідно до проекту;
- основні джерела постачання виробництва сировиною, водою, паливом, газом, електроенергією;
- кооперація і виробничі зв'язки з іншими підприємствами;
- вимоги по зниженню матеріаломісткості будівництва і проєктованого виробництва, по економії тепло- і електроенергії (у відсотках в порівнянні з об'єктом-аналогом);
- вимоги по розробці варіантів проекту;
- необхідність розробки проекту із застосуванням макетно-модельного методу проектування;
- намічений розмір капітальних вкладень на промислове і житлово-цивільне будівництво;
- генеральний підрядчик по будівництву (найменування організації);
- намічені терміни будівництва;
- стадійність проектування.

Завдання на проектування – це документ, який націлює проектну організацію на розробку документації з застосуванням останніх досягнень науки і техніки для того, щоб майбутнє виробництво випускало високоякісну продукцію за науково обґрунтованими нормами витрати праці, сировини, матеріалів і паливно-енергетичних ресурсів.

## **1.2.4 Підготовка вихідних даних на проектування**

Вся інформація, отримана на стадії передпроектного опрацювання (включаючи дані техніко-економічного розрахунку), залучається до підготовки необхідних вихідних даних для проектування. Об'єм їх залежить від характеру наміченого будівництва (новобудова, розширення, реконструкція) і складу проектного об'єкту.

Вихідні дані є основним документом при розробці проекту підприємства або спорудження хіміко-фармацевтичної промисловості. Відповідальною за складання і видачу їх є ведуча науково-дослідницька організація. Вихідні дані узгоджуються з проектною організацією і затверджуються науково-дослідною організацією.

**При будівництві нового об'єкту до основних вихідних даних відносяться:**

- затверджена схема розвитку галузі і схема розвитку і розміщення виробничих сил району передбачуваного будівництва об'єкту;
- затвержене завдання на проектування;
- технологічний регламент науково-дослідного інституту, пов'язаного з розробкою нових процесів на проектованому підприємстві;
- затверджений акт вибору майданчика будівництва;
- акт про відведення земельної ділянки;
- дані органів Держнагляду про стан атмосфери, водоймищ, ґрунтів в районі будівництва;
- технічні умови на приєднання проектного підприємства до джерел енерго- і водопостачання, транспортних і інженерних комунікацій;
- звіт про інженерні дослідження, проведені на майданчиках будівництва;
- каталоги на устаткування, виробни, конструкції, прилади;
- відомості про генеральну підрядну організацію.

**При реконструкції і технічному переозброєнні підприємства, що діє, додатково необхідно мати:**

- опис виробництв, що діють, або проектну документацію, на підставі якої ці виробництва були побудовані, з вказівкою змін, внесених в процесі будівництва і експлуатації;
- обмірні креслення будівель і споруд;
- висновок про технічний стан устаткування, будівель, споруд і комунікацій;
- узгодження заходів щодо охорони природного середовища та ін.

Склад, порядок розробки, узгодження і затвердження проектною документації на будівництво регламентується будівельними нормами і правилами (СНіП) України.

#### **1.2.4.1 Зміст розділів вихідних даних для проектування промислового хіміко-фармацевтичного виробництва**

Основним документом при розробці проекту підприємства або спорудження є вихідні дані. Відповідальною за складання і видачу їх є ведуча науково-дослідницька організація. Вихідні дані узгоджуються з проектною організацією і затверджуються директором науково-дослідної організації.

Вихідні дані видаються до початку складання технічного завдання на проектування науково-дослідною організацією, яка відповідає за їх повноту і високий науково-технічний рівень і мають наступний зміст.

##### **Розділ 1. Загальні відомості і технологія.**

Призначення цільового продукту, для виробництва якого розроблена технологія.

Короткі відомості про ефективність технології.

Масштаб дослідних установок, за даними яких відпрацьована технологія виробництва.

**Розділ 2.** Характеристика виконаних науково-дослідних робіт, покладених в основу вихідних даних для проектування.

Короткий літературний огляд технології виробництва. Відомості про аналогічні виробництва за кордоном.

Огляд науково-дослідних робіт, виконаних по окремих стадіях і вузлах технології (включаючи підготовку сировини, приготування каталізаторів, очищення хімічно- і механічно забруднених вод, переробку відходів та ін.).

Найменування науково-дослідних і конструкторських організацій – учасників розробки технології в лабораторних умовах, на дослідних і напівзаводських установках.

Характеристика дослідних і напівзаводських установок: опис технологічної схеми, опис основних апаратів, їх продуктивність.

Виклад результатів роботи дослідних напівзаводських установок.

Опис методів виміру технологічних параметрів.

Коротка характеристика рівня техніки і основні технічні показники по аналогічних виробництвах на діючих підприємствах в країні і за кордоном.

Переваги рекомендованої технології в порівнянні з існуючими у нас в країні і за кордоном методами виробництва.

**Розділ 3.** Техніко-економічне обґрунтування рекомендованого метода виробництва. Перспективи виробництва і споживання.

Прогноз і потреби товарної продукції на перспективу.

Прогноз забезпеченості виробництва сировиною і матеріал-мі необхідної якості.

Наявність діючих виробництв або розробленої технології на їх вироблення.



Орієнтовний розрахунок собівартості продукту (продуктів) і порівняння її з собівартістю аналогічного продукту (продуктів), що отримується іншими методами. Очікувана економічна ефективність від впровадження нової технології виробництва.

Техніко-економічні показники виробництва.

Можливі шляхи подальшого поліпшення техніко-економічних показників.

Можливі напрями використання побічних продуктів і відходів виробництва, що реалізуються.

Можливий об'єм збуту цієї продукції і відпускна ціна. Документи, що обґрунтовують можливість збуту цієї продукції. (Згода споживачів використовувати цю продукцію).

#### **Розділ 4. Патентний формуляр.**

Огляд і узагальнення зарубіжних та Українських патентів.

Патентний формуляр по встановленій формі, що визначає патентну чистоту технології і устаткування в Україні і в промислово розвинених країнах.

**Розділ 5.** Технічна характеристика вихідної сировини, допоміжних матеріалів, основних і кінцевих продуктів. Цільове призначення і сфери застосування основних продуктів.

Найменування ДСТУ, ГОСТ, ТУ і інших нормативних документів, що регламентують якість вихідної сировини, допоміжних матеріалів (каталізаторів, сорбентів, присадок та ін.) і товарних продуктів.

Сфери застосування товарних продуктів.

Види тари, умови транспортування і зберігання сировини, допоміжних матеріалів і товарної продукції.

Вимоги до технологічного інертного газу, азоту, стисненого повітря по складу і вологості, методи доведення до необхідної кондиції.

Вимоги до води, що входить в безпосередній контакт з продуктами виробництва (окремо для кожного випадку застосування), по допустимих: жорсткості (карбонатна і загальна), солевмісту заліза, механічних домішок, кисню і вуглекислоти, по числу рН та по специфічних вимогах до методів підготовки необхідної якості води.

**Розділ 6.** Фізико-хімічні константи і властивості вихідних, проміжних і кінцевих продуктів

Фізико-хімічні константи і властивості вихідних, проміжних, побічних і кінцевих продуктів, реакційних мас, сумішей і відходів виробництва для діапазону температур і тисків у виробничих умовах; для рідин і пари: теплопровідність, тепловміст, теплоємність, в'язкість, температури плавлення і кипіння, теплоти застигання, випару, кристалізації, розчинності у воді і органічних розчинниках, пружності пари, густина.

Коефіцієнти об'ємного розширення, поверхневий натяг, питома електропровідність.

Корозійні властивості вуглецевої сталі і спеціальних корозійностійких сталей.

Пожежо- і вибухонебезпечні параметри сировини, проміжних і кінцевих продуктів.

Коефіцієнт відносної летючості за умов ректифікації сумішей, що розділяються, коефіцієнти Генрі для газів, що розділяються абсорбцією, коефіцієнти розподілу для багатокомпонентних рідин (рідких систем), що розшаровуються.

Для твердих продуктів, разом з фізико-хімічними константами приводяться відомості по: здібності до налипання, злежуванню, куту природного укосу, утворенню склеювання, грудкування, змочуваності, змерзаємості, гігроскопічності, абразивним властивостям, насипній і питомій вазі, гранулометричному складу, схильності продукту до розкладання, самозаймання.

Коефіцієнти тертя по різних матеріалах. Можливість транспортування суспензії і твердих продуктів по трубопроводах, транспортування твердих сипких продуктів за допомогою пневмотранспорту з необхідними даними для його розрахунку (при необхідності, по способам відведення статичної електрики), транспортування продукту у вигляді розплаву.

Усі перераховані в розділі 6 дані наводяться у разі відсутності їх в довідковій літературі: для наявних – вказується джерело.

У необхідних випадках на вимогу проектного інституту повинні видаватися константи хімічних сумішей продуктів, які використовуються у виробництві.

**Розділ 7.** Хімізм, фізико-хімічні основи і принципова технологічна схема виробництва

Хімізм процесу по стадіях.

Ендо- і екзотермічні ефекти хімічних і фізичних процесів.

Кінетичні рівняння основних і побічних реакцій.

Ступень конверсії і вихід по стадіях виробництва.

Вплив гідродинамічних умов проведення кожного реакційного процесу (міра перемішування подовжнього і поперечного, вплив розподільного пристрою, необхідність секціонування, масштабний чинник та ін.) на основні його показників: конверсія, селективність, продуктивність одиниці реакційного об'єму.

Рекомендації по гідродинамічному моделюванню промислових реакторів.

Відомості про необхідність застосування спеціальних методів розподілу (азеотропна або екстрактна дистиляція), зв'язаних з трудністю розподілу промислових сумішей звичайними методами.

Вказівки про наявність азеотропів і коефіцієнти відносної летючості в системах з третім компонентом.

Принципова технологічна схема виробництва з описом процесу по стадіях. У технологічну схему повинні входити усі основні і допоміжні

процеси, вузли приготування і регенерації каталізаторів, допоміжних матеріалів, очищення забруднених вод, знешкодження газових викидів і переробки відходів. Принципова технологічна схема повинна включати вузли механізації навантажувально-розвантажувальних робіт і вузли дозування каталізаторів та інших реагентів для періодичних і безперервних процесів.

### **Розділ 8. Робочі і технологічні параметри виробництва**

Робочі технологічні параметри виробництва і їх допустимий діапазон коливань по кожному вузлу: тиск, температура, об'ємна швидкість, співвідношення компонентів, лінійна швидкість, ступінь насичення, міра диспергування, концентрації речовин в розчинах, швидкості розшаровування, розміри гранул і кристалів, допустимий вміст вологи і інших побічних компонентів.

Детальні вказівки, які ситуації можуть створюватися при відхиленнях (і яких відхиленнях) від рекомендованих оптимальних параметрів процесу на кожній стадії, кожному вузлу, і де яка ситуація можлива.

Технологічні умови приготування і регенерації каталізаторів, що проводяться на цьому об'єкті.

Дані про механічну міцність і гідравлічний опір вживаних каталізаторів, адсорбентів.

Умови утворення осадів, полімерів, смол, піни, методи запобігання їх видаленню.

Рекомендації по характеру перемішування реакційних мас. Типи перемішуючих пристроїв, значення критерію Рейнольдса для моделювання процесів.

Рекомендації по флегмовим числам і густині зрошування для конкретних процесів ректифікації і абсорбції розподілення, складам дистиляту, кубових залишків, дані за швидкістю пари, ККД тарілок, числу теоретичних тарілок і їх типу, еквівалентним висотам, опорю тарілок, принципам регулювання.

### **Розділ 9. Матеріальний баланс виробництва**

Вихідні дані для складання матеріального балансу по усьому виробництву (прийняті виходи, співвідношення та ін.).

Таблиці матеріального балансу по стадіях виробництва з вказівкою складів проміжних і кінцевих продуктів (складеного за фактичними даними роботи).

Рекомендації для проектування промислового виробництва за величиною технологічних втрат по усіх вузлах виробництва.

**Розділ 10. Технологічна характеристика побічних продуктів і відходів виробництва, що реалізуються.**

Технічна характеристика, властивості і склади побічних продуктів, ДСТУ ГОСТ, ТУ та інші нормативні документи, які регламентують їх склади і властивості.

Сфери застосування і об'єми споживання побічних продуктів.

Рекомендації по вибору тари, зберіганню і транспортуванню побічних продуктів.

Характеристика відходів виробництва, що реалізуються: кубових продуктів, смолянистих речовин, відпрацьованих каталізаторів і сорбентів (кількість, склад, температура застигання, умови транспортабельності). Кількість відходів на одиницю готової продукції і склад їх до і після локального очищення і переробки.

Технологія переробки відходів виробництва (методи, технологічні і режимні параметри), що реалізуються, вихід, склад вторинних продуктів переробки або напрям їх використання без переробки.

Рекомендації по використанню відходів виробництв, що реалізуються, або продуктів, що отримуються на базі переробки відходів, мають бути підтвержені документами про можливість їх використання.

#### **Розділ 11. Математичний опис технологічних процесів і апаратів.**

Загальні математичні моделі реакторів і інших технологічних вузлів і устаткування, доведені до можливості їх практичного використання для розрахунку промислових реакторів, оснований на експериментальних даних. Рекомендації по вибору оптимальних моделей реакторів і іншого устаткування і представлення технічних проектів на оригінальні апарати і вузли.

Рівняння для розрахунку фазових рівноваг в системах пара-рідина і рідина-рідина.

**Розділ 12.** Дані для розрахунку, конструювання і вибору основного промислового технологічного устаткування і захист їх будівельних конструкцій.

Рекомендації по вибору конструкційних матеріалів для основного технологічного устаткування на підставі експериментальної перевірки їх в реальних середовищах і рекомендованих режимних параметрах. Рекомендації по вибору матеріалів для трубопроводів, арматури і прокладень за усією технологічною схемою виробництва.

Рекомендації за типом апаратури, ущільненню фланцевих з'єднань, матеріалами сальникових набивань, мастильними матеріалами, рідинами, що ущільнюють, для трубопроводів і арматури.

Види і швидкості корозії рекомендованих конструкційних матеріалів у відповідних середовищах.

Рекомендації і вимоги для конструювання і підбору основного технологічного устаткування, які повинні базуватися на результатах перевірки на дослідних установках рекомендованих конструкцій устаткування.

Для реакційних процесів: з'їм з одиниці об'єму, з'їм з одиниці ваги каталізатора, час контакту реагуючих речовин, об'ємні і лінійні швидкості, величина опору шару каталізатора за рекомендованих умов процесу, тип пристрою, що перемішує, інтенсивність перемішування та ін.

Відомості про інгібітори процесу.

Відомості щодо процесів фільтрації, сушки, кристалізації, розмелу, змішування, дозування.

Рекомендації по вибору устаткування для фізико-механічних процесів повинні базуватися на результатах експериментальної перевірки аналогічних дослідних зразків устаткування на конкретних середовищах. Експериментально повинні бути визначені: питома продуктивність, типи фільтруючих тканин, способи їх регенерації, методи розрахунку промислових агрегатів, склади до і після перерахованих процесів.

Результати експериментів і рекомендації по вибору вище перерахованого мають бути узгоджені з НДІХІММАШ до видачі вихідних даних для проектування проектній організації.

Рекомендації по захисту будівельних конструкцій від корозійної і розчинювальної дії нових продуктів, по яких такі дані відсутні. Рекомендації по корозійному захисту устаткування і труб (по усіх відділеннях і ділянках).

Рекомендації по застосуванню оригінальних апаратів. Технічні проекти таких апаратів, аналогія з апаратами, які випробувані на виробництві. Вартість цих апаратів, режим роботи з урахуванням усіх ремонтів, рекомендації по обслуговуванню.

**Розділ 13.** Рекомендації для проектування автоматизації виробництва.

Перелік параметрів, що підлягають контролю. Рекомендуємі точки і схеми автоматичного регулювання.

Перелік параметрів контролю якості з вказівкою місць відбору проб і методик для автоматичного контролю і регулювання з використанням автоматичних аналізаторів на потоці. Рекомендації по автоматичних пробовідбірниках.

Рекомендації по застосуванню автоматичного управління виробництвом (АСУП) з використанням ЕОМ.

**Розділ 14.** Аналітичний контроль виробництва.

Перелік точок відбору проб для аналізу, періодичність аналізів.

Перелік методик аналізів з вказівкою ГОСТ, ДСТУ і інструкцій. Додаються вперше розроблені методики аналізів.

Рекомендації по вибору пробовідбірних пристроїв.

Трудомісткість окремих аналітичних операцій.

Рекомендації спеціального лабораторного устаткування, у тому числі для автоматичного аналізу, з вказівкою їх марок. Особі вимоги, які мають бути враховані при проектуванні цехової лабораторії.

**Розділ 15.** Методи і технологічні параметри очищення хімічно і механічно забруднених стічних вод, знешкодження газових викидів і ліквідації шкідливих відходів.

Кількість і склад хімічно і механічно забруднених стічних вод по окремих стадіях і вузлах виробництва (на одиницю вихідної сировини або товарного продукту), періодичність скидання.

Технологія первинного (локального) очищення хімічно і механічно забруднених стічних вод, забезпечуюча можливість їх повторного використання для технологічних цілей, або кінцевого знешкодження на централізованих біологічних очисних спорудах, параметри процесу очищення, технологічна схема з нанесеними даними по складах і кількостях матеріальних потоків, характеристика і питома витрата реагентів. Рекомендації по переробці і утилізації опадів. Показати хімізм очищення стічних вод.

Кількість і склад газових викидів в атмосферу в місцях їх утворення (на одиницю вихідної сировини або товарного продукту).

Технологія знешкодження газових викидів. Ефективність очистки. Характеристика реагентів і їх питома витрата.

Рекомендації по отриманню товарної продукції з (чи за допомогою) стічних вод і газових викидів.

Методи контролю вмісту шкідливих вихідних, проміжних і кінцевих продуктів в повітрі виробничих приміщень і в атмосферному повітрі.

**Розділ 16.** Заходи щодо техніки безпеки, промислової санітарії і протипожежній профілактики.

Перелік найбільш небезпечних місць в технологічній схемі виробництва при відхиленнях від нормального технологічного режиму (які відхилення), а також можливі наслідки цих відхилень. Профілактика і заходи у разі допущення відхилень від нормального режиму виробництва.

Можливі джерела виділення шкідливих речовин, рекомендації по забезпеченню повної герметичності устаткування, методи видалення шкідливих виділень, рекомендовані методи очищення і дегазації апаратури, трубопроводів, будівельних конструкцій, способи знешкодження продуктів очищення.

Місця можливих джерел шумів і вібрації з технологічних причин і методи їх усунення або зниження до допустимих норм.

Способи знешкодження токсичних, вибухо- і пожежонебезпечних продуктів у випадках аварій і розливів стосовно конкретних речовин.

Токсикологічна характеристика речовини (вихідних, проміжних і кінцевих), наявних у виробництві, відомості про характер дії їх на організм людини.

Перераховані дані наводяться у разі їх відсутності в довідковій літературі, для наявних – вказується джерело. Заходи по наданню першої долікарської допомоги потерпілому стосовно кожної речовини окремо. Засоби, котрими слід оснастити виробництво для самопомоги (раковини самопомоги, спеціальні душі та ін.). Відношення продуктів до категорій сильно діючих отруйних речовин.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в робочій зоні, в повітрі населених пунктів, у водоймищах, затверджені санітарними органами (для продуктів вихідних, проміжних, кінцевих). Для шкідливих речовин, гранично допустимі концентрації яких не затверджені, – тимчасові ГДК, встановлені МОЗ. Рекомендації по способах дегазації,

пранню і частоті відповідної обробки спецодягу, кількості і типу миючих засобів, по очищенню стічних вод після обробки спецодягу. Рекомендації по способах і засобах знешкодження будівельних конструкцій і устаткування з вказівкою використання або знешкодження відходів після дегазації.

Рекомендація по індивідуальних засобах захисту робітників (одяг, взуття, протигазу та ін.), що працюють з новими продуктами, стосовно кожного з них окремо. Методи дегазації і прання спецодягу, частота прання.

Допустимий вміст кисню та інших домішок в газі, що транспортується. Заходи щодо попередження утворення вибухонебезпечних сумішей газів, пари, пилу в устаткуванні і трубопроводах при усіх режимах роботи, пусках і зупинках устаткування.

Рекомендації за місцями в технологічній схемі устроїв блокувань і допустимий час для їх спрацьовування. Перелік вогнегасних засобів, рекомендації по пожежегасінню, узгоджені з МНС. Види пожежегасіння (ручні, автоматичні), методи включення автоматичного пожежегасіння.

Пожежо-, вибухонебезпечні і пірофорні властивості речовин, що зустрічаються у виробництві: межі вибуховості, схильність до самозаймання, максимальний тиск вибуху. Вказані величини мають бути визначені для усіх агрегатних станів речовин, а також сумішей, що зустрічаються у виробництві. Рекомендації по використанню відомих пристроїв, що подавляють вибухи. Категорії і групи вживаних вибухонебезпечних речовин. Рекомендовані засоби пожежегасіння стосовно кожного продукту. Наявність місць у виробництві, де обов'язково слід передбачити автоматичне пожежегасіння.

Відомості про шкідливі речовини, що утворюються при можливій пожежі, і методи їх знешкодження.

Рекомендації за тривалістю робочого дня в залежності від ступеню шкідливості умов праці. Допустимість праці жінок. Рекомендації по медичному обстеженню трудящих. Наявність особливо шкідливих процесів, де працюючим має бути представлена додаткова відпустка і спеціальне харчування.

Рекомендації по безпечних методах і точках відбору проб.

Рекомендації по захисту від накопичення і розрядів статичної електрики по речовинах, не вказаних в довідковій нормативній літературі.

**Розділ 17.** Показчик звітів і рекомендованої літератури за розглянутою технологією виробництва.

Перелік звітів про роботу дослідних і напівзаводських установок.

Перелік книг і статей в періодичних виданнях, які освітлюють питання даної технології.

**Вихідні дані для проектування устаткування типових хіміко-фармацевтичних процесів.**

В основу проектування устаткування покладено дві основні ознаки: характер процесу, що протікає в хіміко-фармацевтичному устаткуванні, і

спільність конструктивних форм, матеріалів з машинобудівною технологією.

За цими основними ознаками номенклатура хіміко-фармацевтичного обладнання ділиться на 15 основних груп, кожна з яких поділяється на типи і типорозміри.

Типовим технологічним процесом називається технологічний процес виготовлення групи виробів із загальними технологічними і конструктивними ознаками. Його розробляють для виготовлення в конкретних виробничих умовах виробу, який є типовим представником цієї групи виробів. До типового представника відносять виріб, виготовлення якого вимагає найбільшого числа основних і допоміжних операцій, характерних для виготовлення виробів цієї групи.

Групування виробів (устаткування) за вихідними конструктивно-технологічними ознаками є обов'язковою умовою типізації технологічних процесів, сприяючих впровадженню найбільш прогресивних форм виробництва.

Використання типових технологічних процесів, що ґрунтуються на науково-технічних досягненнях в області технології, скорочує терміни промислового освоєння нових виробів, дозволяє раціонально використовувати матеріальні і трудові ресурси, а також створити банк даних, що включає вихідну інформацію для проектування типових хіміко-фармацевтичних процесів і устаткування.

**Перелік вихідних даних для проектування установок процесів ректифікації, перегонки, абсорбції.**

Рекомендації по методу розподілу (проста перегонка, перегонка з водяною парою, вакуумна ректифікація або ректифікація під тиском, фракційна абсорбція, азеотропна або екстрактивна ректифікація).

Склад вихідної суміші (з вказівкою можливого діапазону зміни складу). Склад дистиляту і кубового залишку.

Характеристика розчину, тип суміші (відхилення від ідеальної суміші, гомогенна, гетерогенна):

а) наявність азеотропних сумішей і їх характеристика (склад і температура кипіння);

б) вплив високих температур, рН середовища, вміст домішок в початковій сировині на стабільність суміші і окремих компонентів.

Можливість утворення твердих відкладень, пірофорних сполук, вибухонебезпечних продуктів і тому подібне. Рекомендації по запобіганню цих небажаних явищ;

в) пружності пари компонентів або дані по парорідинній рівновазі (для ідеальних розчинів);

Вплив тиску на величину коефіцієнта відносної летучості ключових компонентів (у тих випадках, коли умови розподілу вимагають істотної зміни тиску в колоні, наприклад, ректифікація під вакуумом, підвищеним тиском, розподіл близько киплячих компонентів);



г) густина і в'язкість компонентів в рідкому стані, при необхідності – теплоємність і прихована теплота випару компонентів, а також в'язкість суміші компонентів в паровій фазі.

Рекомендації по вибору типу конструкцій контактних устроїв (тарілок і насадок).

Висота насадки, еквівалентна одній теоретичній тарілці, або ККД тарілки за робочих умов, склади живлення, дистилляту і кубового залишку, робочі флегмові числа і число теоретичних тарілок. У конкретних випадках об'єм матеріалів уточнюється науково-дослідними організаціями спільно з проектними організаціями.

Особливі вимоги по конструюванню агрегату ректифікації у разі полімеризації, випаданню твердих солей та ін.

Дані для розрахунку матеріального і теплового балансу процесів ректифікації, перегонки, абсорбції.

**Перелік початкових даних, необхідних для розрахунку і вибору обладнання процесів фільтрації.**

**Характеристика фільтрованої суспензії:**

а) рідка фаза: питома вага, в'язкість, температура кипіння, токсичність, вибухонебезпечність, температура кристалізації та ін.;

б) хімічний склад твердої фази;

в) зміст твердої фази в суспензії; співвідношення фаз;

г) гранулометричний склад твердої фази;

д) питома вага твердої фази;

е) характер частинок твердої фази – кристалічний або аморфний;

ж) швидкість осадження твердої фази при відстоюванні;

з) додаткові відомості, що характеризують текучість суспензії, умови транспортування по трубах та ін.

**Характеристика осаду:**

а) що маститься, липкий, щільний, рихлий, легко відстаючий від тканини, схильний до розтріскування під час вакуум-фільтрації;

б) схильність до подрібнення при транспортуванні по трубопроводах, в шнеках та ін.;

в) насипна вага осаду, вміст рідкої фази в осіданні (у залежності від способів фільтрації);

г) склад осаду до і після промивання.

**Режим процесу фільтрації:**

а) необхідність водних промивань або обробок іншими рідинами;

б) витрата промивної рідини на 1 кг осаду, температура промивної рідини, склад її і рекомендації по використанню;

в) температура фільтрації;

г) загальний час фільтрації і тривалість одного циклу на тому або іншому виді фільтрувального устаткування дослідної установки;

д) міркування по вибору сучасного, промислового агрегату, що фільтрує;

е) товщина отриманого шару осаду на фільтрі (у разі, якщо рекомендується вакуум-фільтр);

и) вживана і рекомендована для фільтрації тканина, сітка або інший пористий матеріал;

к) корозійна дія середовища на різні матеріали, у тому числі і на фільтраційні матеріали, що рекомендуються для фільтрації;

л) засоби регенерації тканини (сітки), що фільтрує.

Режим регенерації, через який час повинні проводитися регенерація. Рекомендації по використанню регенераційних розчинів.

Дані, необхідні для заповнення опитних листів НДІХІММАШ і ГІДРОМАШ, окрім граф дослідного листа, який відноситься до компетенції проектної організації.

### **Перелік вихідних даних для розрахунку і вибору устаткування випарних установок.**

Вихідна концентрація розчину, що випаровується. Кінцева концентрація розчину.

Густина розчинів при робочих концентраціях і температурах.

В'язкість розчинів при робочих концентраціях і температурах.

Схильність розчинів, що випарюються, до розкладання, осмолення, спінюванню і тому подібне. Рекомендації по запобіганню цим явищам.

Температура кипіння і замерзання розчинів.

Умови транспортування розчину, що згущує, тривалість роботи апарату між чищеннями, промиваннями, при мінімальних відкладеннях осадів на теплообмінній поверхні і тому подібне, способи видалення відкладень за даними дослідної установки.

Чи ведеться випарка до випадання кристалів і яке при цьому співвідношення тверде:рідина, властивості пульпи (транспортабельність, швидкість осадження кристалів).

Рекомендації по вибору типу випарної системи.

Рекомендації по вибору матеріалів апаратури і трубопроводів.

Рекомендації по знешкодженню або утилізації сокової пари.

Рекомендації по виділенню твердої речовини з упареного розчину.

Дані про стабільність компонентів у разі багатократної їх рециркуляції у виробничому циклі (рециркуляція маточника).

Дані для розрахунку матеріального і теплового балансів випарної установки.

### **Перелік вихідних даних, необхідних для проектування процесу сушки.**

Вихідна вологість продукту, що поступає на сушку.

Кінцева вологість висушеного продукту.

Консистенція продукту (паста, порошок, брикет) до сушки і після сушки.

Фізико-хімічні властивості продукту до сушки і після сушки: кут природного укосу, здатність до налипання, злежування, утворення склеювання, грудкування, міркування по абразивним властивостям і

електролізуємості, гранулометричний склад порошку з розмірами частинок і насипна густина, істина густина, хімічний склад, схильність продукту до розкладання, температура плавлення, розм'якшення, розкладання, схильність до самозаймання.

Рекомендований тип сушарки.

Питома продуктивність сушарки по готовому продукту. Дослідні дані.

Рекомендований оптимальний режим сушки: температура, час перебування, середовище, тиск та ін.

Склад забруднення і рекомендації по очищенню повітря, що викидається.

Дані для розрахунку матеріального і теплового балансів сушарки.

**Перелік вихідних даних для проектування процесів кристалізації.**

Характеристика розчину, що поступає на кристалізацію:

а) фізико-хімічні властивості розчину, розчинника і розчинених речовин: залежність розчинності суміші речовин від температури, густина розчинів з різним вмістом розчинених речовин, теплоємності розчину залежно від температури і концентрації (за відсутності можливості розрахунку);

б) вихідна концентрація розчиненої речовини в розчині.

Температура процесу кристалізації. Рекомендована швидкість охолодження.

Теплота кристалізації для нових речовин, по яких відсутні дані в довідковій літературі.

Характеристика отримуваної суспензії:

а) розмір кристалів (гранулометричний склад);

б) твердість кристалів;

в) здатність подрібнюватися при перемішуванні або перекачуванні насосами.

Час кристалізації з урахуванням часу зростання кристалів для отримання задовільно фільтрованих суспензій.

Дані для розрахунку матеріального і теплового балансів кристалізації.

**Перелік вихідних даних для проектування технологічних вузлів дозування, змішення і помелу.**

Фізико-хімічні властивості компонентів, що подаються в апарат, і їх сумішей: твердість, кут природного укосу, здатність злежуватися, насипна густина, істина густина, теплоємність, сипучість, температура плавлення і розм'якшення, в'язкість (для рідких компонентів), а у разі потреби – пористість або сорбційна місткість.

Точність дозування компонентів. Допустимі відхилення від заданого співвідношення суміші.

Середні абсолютні і відносні погрішності розподілу компонентів в суміші.

Фізичний стан суміші після змішувача, необхідність помелу, охолодження і так далі.

Рекомендації по нагріванню або охолодженню суміші в процесі змішення, оптимальний режим процесу.

Гази, що виділяються в процесі перемішування, і пари. Наявність хімічних процесів при перемішуванні.

Необхідність подрібнення компонентів в процесі змішення, розмір частинок після змішувача.

Рекомендовані типи змішувача і дозатора для цього процесу.

Дані про розмелоздатності компонентів (твердість по шкалі Мооса, крихкість, подрібнюваність, здатність до розм'якшення, налипання та ін.).

Рекомендовані типи подрібнювачів на стадіях попереднього і заключного подрібнення.

Дані про продуктивність рекомендованих подрібнювачів для конкретного матеріалу і тонкість помелу.

Рекомендації по транспортуванню продуктів, у тому числі по пневмотранспорту:

а) рекомендовані швидкості пневмотранспортування для кожного матеріалу;

б) оптимальне співвідношення твердої речовини і повітря;

в) необхідність попереднього розпушування перед подачею продуктів в пневмопровід;

г) тип живильника;

д) можливість утворення статичної електрики і вибухонебезпечних концентрацій в процесі пневмотранспорту;

е) матеріал пневмопроводу;

ж) радіуси, що допускаються, і кути поворотів пневмопроводів, допустимість створення горизонтальних ділянок пневмопроводу і їх допустима протяжність.

Рекомендований вид тари для фасування готової продукції.

**Перелік вихідних даних для проектування установок термічного знешкодження промислових стоків і кубових залишків хіміко-фармацевтичних виробництв.**

Характер промислових стоків або кубових залишків, які подаються на знешкодження:

а) розчин, суспензія та ін.;

б) нейтральні, кислі, лужні;

в) схильність до полімеризації;

г) транспортабельність по трубах і рекомендації по вибору насосів;

д) в'язкість, теплопровідність, теплоємність, питома вага;

е) елементарний склад початкових продуктів.

Характеристика твердого осаду. Фізико-хімічні властивості: температура плавлення, сублімації, кипіння, розкладання, затвердіння. У разі використання – товарний вид, ДСТУ, ГОСТ, ГСТ, ТУ, розчинність у воді.

Склад можливих продуктів, що утворюються при термічному знешкодженні розчину або кубового залишку.

Корозійні властивості розчину кубового залишку і рекомендації по вибору матеріалу і засобів перекачування.

Токсичність вихідних сполук, розчинів кубових залишків і продуктів і таких, що знову утворюються в результаті термічного знешкодження.

#### **Перелік даних для проектування процесів електролізу.**

Характеристика електроліту, що поступає на електроліз.

Фізико-хімічні властивості розчину (густина, розчинність електропровідність, теплоємність та ін.).

Характеристика продуктів електролізу – рідких і газоподібних (токсичні властивості, вибухонебезпечні концентрації, густина, розчинність, теплоємність і так далі).

Рекомендована конструкція електролізера на основі проведених комплексних випробувань (сила струму, напруга, густина струму, вихід по струму, конструктивні матеріали анодів, катодів, діафрагми, оптимальний температурний режим, креслення електролізера).

Інструкції по монтажу і експлуатації електролізера, у тому числі пуску, зупинці.

Основні положення по техніці безпеки і електричної безпеки.

Питомі витратні коефіцієнти.

Криві залежності показників електролізу від густини струму (вольтаж, вихід по струму, витрати матеріалів та ін.), для можливості виявлення оптимального режиму в конкретних економічних умовах.

Інструкції по ремонту електролізерів і необхідні рекомендації для проектування ремонтних майстерень (заміна діафрагм, анодна майстерня, просочення, заливка стержнів та ін.).

Заходи щодо боротьби із струмами витоку при прокладенні трубопроводів, узяття проб та ін.

Рекомендовані матеріали для трубопроводів і арматури.

Рекомендовані прилади контролю, регулювання, дистанційного управління, місцеві і винесені на щит та ін.

Міжремонтний пробіг електролізера.

Матеріальний, тепловий, енергетичний і ексергетичний баланс електролізера за прийнятих режимних умов його роботи.

### **1.2.4.2 Розробка технологічної схеми виробництва**

**Найбільш важливим етапом проектування на стадії підготовки вихідних документів для проектування є розробка раціональної технологічної схеми (з підбором технологічного устаткування) на підставі технологічного регламенту виробництва.** Останній є основним вихідним документом для розробки проекту нового технологічного процесу; його склад і об'єм визначені еталоном. Відповідає за складання і

видачу технологічного регламенту галузевий науково-дослідний інститут, який при необхідності залучає до складання регламенту інші організації.

**Регламент для проектування хіміко-фармацевтичних процесів містить наступні відомості:**

- літературні дані про процес і відомості про аналогічні виробництва за кордоном; огляд науково-дослідних робіт по окремих стадіях процесу; опис технологічних схем дослідних і напівзаводських установок, на яких відпрацьовувався процес, і виклад отриманих при цьому результатів;

- технічну характеристику вихідної сировини, проміжних і основних продуктів та допоміжних матеріалів (включаючи воду, стисле повітря і азот для технологічних цілей, теплоносії і холодоагенти); область застосування основних продуктів;

- фізико-хімічні константи і властивості вихідних, проміжних і кінцевих продуктів;

- хімізм процесу по стадіях; фізико-хімічні основи процесу; принципову технологічну схему виробництва;

- робочі технологічні параметри (норми технологічного режиму);

- матеріальний баланс виробництва по стадіях процесу (у вигляді таблиць);

- математичний опис технологічних стадій;

- рекомендації для проектування системи автоматизації процесу;

- рекомендації по проведенню аналітичного контролю;

- методи і технологічні параметри очищення стічних вод, знешкодження газових викидів, ліквідації шкідливих відходів;

- заходи щодо техніки безпеки, промислової санітарії і протипожежної профілактики;

- патентний формуляр, що визначає патентну чистоту процесу в Україні і в промислово розвинених країнах;

- економічне обґрунтування процесу, що включає прогнози потреби в товарному продукті і забезпечення виробництва сировиною на перспективу.

**Технологічна схема** – це графічне зображення сукупності операцій, складових закінченого хіміко-фармацевтичного процесу. Вона є головним документом, на підставі якого здійснюється подальше проектування. Схема повинна повністю відображати технологічний процес, тобто включати всі його стадії, починаючи з надходження сировини в цех і кінчаючи упаковкою готової продукції. Технологічні рішення, що приймаються при розробці схеми, повинні бути перевірені експериментально або підтверджені розрахунками. Практика показує, що при освоєнні процесів, розробка яких обмежувалася лише лабораторними дослідженнями, без перевірки на дослідних установках, виникають значні складнощі.

**Розробка технологічної схеми включає наступні етапи:**

- порівняльний аналіз і обґрунтування вибраного методу виробництва відповідно до конкретних умов;

- аналіз складів, властивостей сировини, готового продукту, проміжних продуктів;
- визначення основних і допоміжних стадій (операцій) і їх послідовності;
- складання варіантів принципових технологічних схем;
- розрахунок матеріальних балансів по стадіях;
- розрахунок і вибір технологічного устаткування;
- визначення шляхів і методів видалення, переробки і утилізації відходів виробництва;
- рішення по механізації і автоматизації процесів;
- проектування об'язки трубопроводів, вибір труб і трубопровідної арматури;
- викреслювання технологічної схеми, сумісної зі схемою контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації.

Завдання аналізу і обґрунтування вибраного методу виробництва, як правило, спрощується тим, що метод виробництва рекомендується в технологічному регламенті або науково-дослідних даних, які замінюють його. До основних критеріїв оцінки методу виробництва, які необхідно враховувати при проектуванні, відносяться:

- техніко-економічні показники методу;
- можливості забезпечення сировиною;
- організація доставки продукту, сировини і вивозу готової продукції;
- наявність устаткування для промислової реалізації методу;
- забезпечення заданої потужності і якості продукції;
- дотримання санітарно-гігієнічних умов праці на виробництві; питання екології.

Знання складів і властивостей сировини, готового продукту, проміжних продуктів, реакційних мас потрібне для розуміння суті процесів, вибору необхідного устаткування і виконання розрахунків. Якість більшості продуктів регламентована стандартами (ДСТУ, ГОСТ, ГСТ, РСТ, СТП); при їх відсутності на окремі види продукції розробляються технічні умови (ТУ). У стандартах указують і способи упаковки і транспортування продукту, від яких (а також від властивостей сировини і готової продукції) залежать технологічне оформлення стадій прийому сировини в цех, дозування, завантаження його в апарати. При виборі сировини слід звертати особливу увагу на його склад, від якого може залежати якість отриманого продукту. При вивченні властивостей сировини і готового продукту потрібно обов'язково з'ясувати показники пожеже- і вибухонебезпеки, токсичності продуктів, що переробляються, і отримуваних, які впливають на технічні рішення в проекті, і в першу чергу – на вибір типу устаткування і конструкцію споруди.

Токсичні, пожеже- і вибухонебезпечні виробництва важкі в експлуатації, а при їх будівництві доводиться витратити додаткові засоби на здійснення заходів, пов'язаних з виконанням вимог охорони праці, техніки безпеки і промислової санітарії. Шкідливість виробництва

визначає і розміри санітарної зони для підприємств і окремих будівель хіміко-фармацевтичних виробництв. Характер і кількість шкідливих речовин, що виділяються в навколишнє середовище, є однією з характеристик методу виробництва.

**Відповідно до «Санітарних норм проектування промислових підприємств»** була прийнята санітарна класифікація виробництв, що включає п'ять класів, – від I до V. Основними критеріями, що визначають клас виробництва, є властивості готового продукту, сировини і потужність виробництва.

Наприклад, до класу I відносяться виробництва нітроанілінів, хлорбензену, фенолу та ін. при сумарній потужності більш 1000 т/рік; ті ж виробництва при сумарній потужності менш 1000 т/рік відносяться до класу II. Виробництва 2-нафтолу, Аш-кислоти, антрахінону, фталевого ангідриду при сумарній потужності більш 2000 т/рік відносяться до класу I, а при сумарній потужності менш 2000 т/рік – до класу II. Для виробництв класу I розмір санітарної зони складає 1000 м, класу II – 500 м, III – 300 м, IV – 100 м, V – 50 м.

**Відповідно до документа «Будівельні норми і правила. Виробничі будівлі промислових підприємств. Норми проектування. СНіП 2.09.02-85»** виробництва підрозділяються за пожежною безпекою на шість категорій – від А до Е.

До категорії А відносяться вибухо- і пожеженобезпечні виробництва, пов'язані з переробкою, застосуванням і отриманням рідин з температурою спалаху пари 28 °С і нижче, газів з нижньою межею вибуховості 10 % (об.) і нижче, а також речовин, вибух і займання яких можуть відбутися при контакті їх з водою або киснем.

До категорії Б відносяться вибухо- і пожеженобезпечні виробництва, пов'язані з переробкою, застосуванням або отриманням рідин з температурою спалаху від 28 до 61 °С, газів з нижньою межею вибуховості вище 10 % об., а також виробництва, в яких можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні суміші.

До категорії В відносяться пожеженобезпечні виробництва, пов'язані з обробкою, застосуванням або отриманням рідин з температурою спалаху пари вище 61 °С або твердих речовин, що згорають.

До категорії Г відносяться виробництва, пов'язані з обробкою речовин, що не згорають, і матеріалів в гарячому або розплавленому стані.

До категорії Д відносяться виробництва, пов'язані з обробкою речовин, що не згорають в холодному стані.

До категорії Е відносяться виробництва, пов'язані з переробкою речовин, здатних вибухати без подальшого горіння.

**Відповідно до «Правил устрою електроустановок (ПУЕ)»** виробничі приміщення і установки діляться на дві категорії – пожеженобезпечні і вибухонебезпечні, кожна з яких включає декілька класів, залежно від властивостей вживаних і отримуваних речовин.



Пожежебезпечними називають приміщення або установки (зовнішні), в яких переробляються або проводяться горючі речовини. Вибухонебезпечними називають приміщення або зовнішні установки, в яких можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші газів або пари з повітрям і іншими окиснювачами-газами або ж суміші горючого пилу або волокон з повітрям.

**Використавши вихідні дані для проектування і вибравши метод виробництва, технолог-проектувальник визначає перелік і призначення технологічних стадій(операцій)і їх послідовність.**

Тут виявляються основні і побічні хімічні реакції, ступінь перетворення вихідних речовин, виходи від теоретичного по всіх стадіях, наявність математичного опису по окремих стадій. Ці відомості є необхідними для виконання матеріальних, енергетичних (теплових) розрахунків. Для нових складних виробництв часто складають блок-схему, на якій показують основні технологічні стадії і матеріальні потоки між ними. Виявляють технологічні стадії, що підлягають удосконаленню. Ухвалені рішення повинні бути направлені на поліпшення техніко-економічних показників процесу, санітарно-гігієнічних умов праці, збереження природних ресурсів, поліпшення екологічних показників виробництва. Після цього послідовність стадій (операцій) виробництва зображають у вигляді принципової технологічної схеми.

**При розробці технологічної частини проекту відповідно до існуючих вимог і норм необхідно передбачити:**

- первинне очищення стічних вод на локальних установках шляхом витягання, регенерації, утилізації цінних продуктів, витягання пожеже- і вибухонебезпечних речовин, олій, смол, токсичних і інших шкідливих речовин до меж, допустимих для скидання стоків на біологічні очисні споруди;

- очищення газових викидів від токсичних речовин перед випуском їх в атмосферу або поверненням в систему;

- трубопровідний транспорт для подачі стислих, зріджених газів, рідин, розплавів, суспензій; пневматичний транспорт для переміщення сухих продуктів, що не злипаються;

- заміну полум'яного нагріву електричним;

- механізацію і автоматизацію виробничих процесів для забезпечення безпеки, можливості контролю і регулювання технологічного процесу, а також автоматичну сигналізацію про хід окремих процесів, пов'язаних з можливістю виділення шкідливостей;

- максимальне дотримання принципу самотоку, що знижує енерговитрати для переміщення сипких потоків;

- механізацію переміщення сировини, напівпродуктів, матеріалів і готової продукції;

- застосування типового устаткування, що серійно випускається;

- застосування для агресивних середовищ апаратів, виготовлених із стійких або захищених протикорозійними покриттями.

Приклади зображення деяких технологічних вузлів на кресленні технологічної схеми наведені на рисунках 1.7, 1.8 та 1.9. Устаткування розташовують послідовно відповідно до стадій процесу. Відстань між апаратами повинна бути такою, щоб схема зручно читалася. Кожен апарат показується у вигляді спрощеного ескізу, що відображає принципову конструкцію апарата. При установці на стадії декількох однотипних апаратів, що працюють паралельно, зображають один (для безперервних процесів при

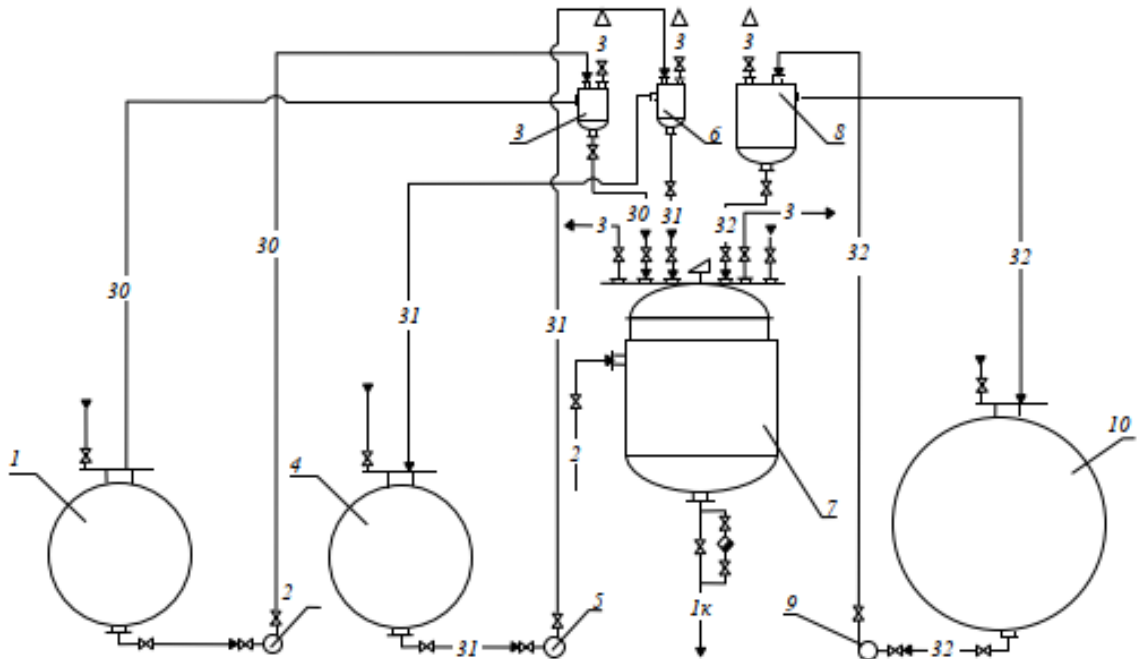


Рис. 1.7 Вузол хіміко-фармацевтичного процесу (реакторний вузол):  
1,4,10 – сховища; 2,5,9 – відцентрові насоси; 3,6,8 – мірники;  
7 – реактор

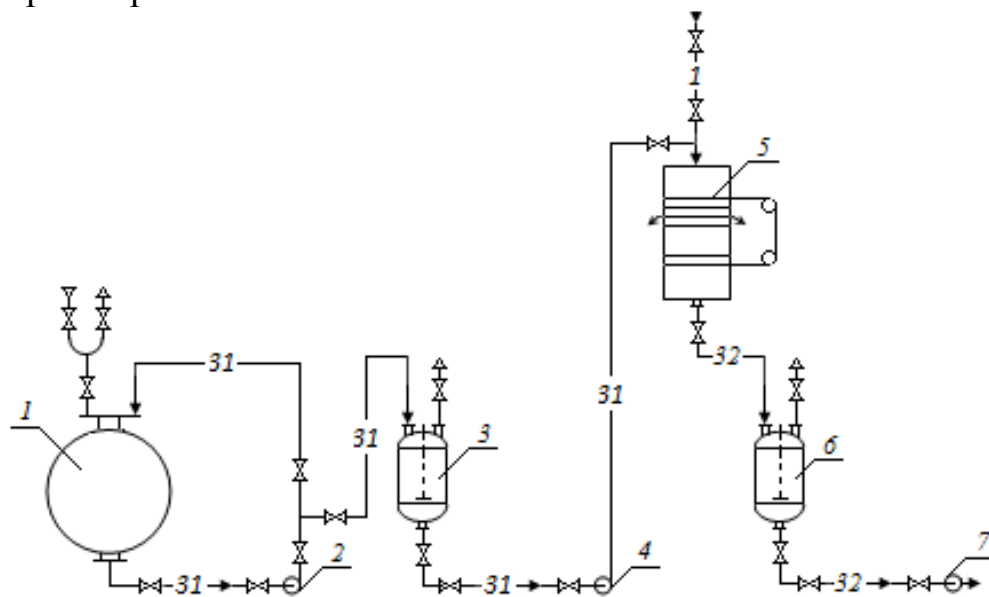


Рис. 1.8 Вузол фільтрування:  
1 – ємність; 2,4,7 – відцентрові насоси; 3 – проміжна ємність;  
5 – фільтр; 6 – приймач маточника і промивних вод.

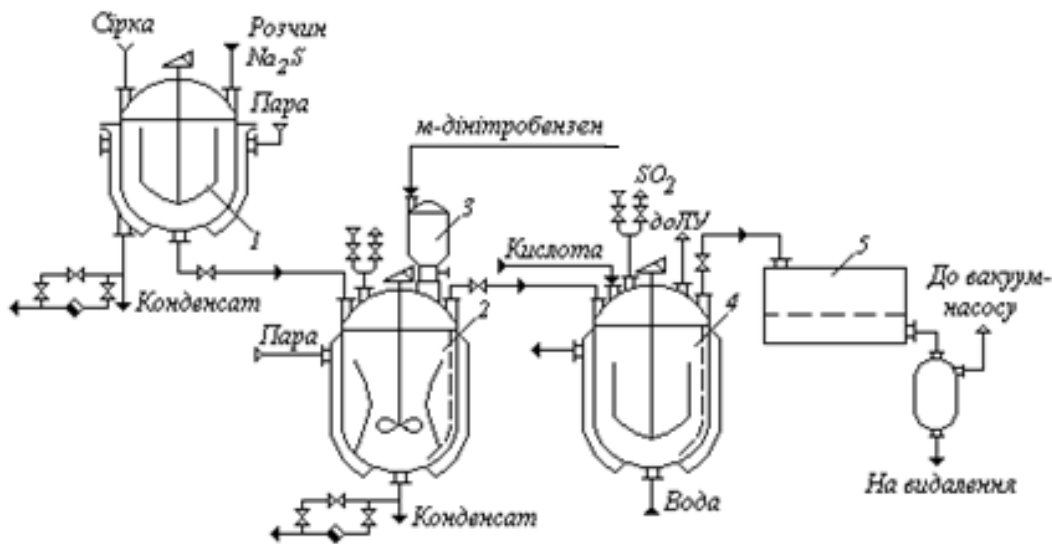


Рис. 1.9 Технологічна схема відновлення *m*-динітробензену:

1 – апарат для приготування розчину натрій дисульфід; 2 – апарат для відновлення; 3 – бункер; 4 – апарат для видалення сірки; 5 – нутч-фільтр.

використанні каскаду зображають всі апарати), а число їх вказують в специфікації на устаткування.

Основні (матеріальні) потоки зображають чіткими суцільними лініями з вказівкою напрямку потоку, допоміжні потоки (теплоносії, холодоагенти, стислі гази та ін.) – тонкими суцільними лініями з відповідною нумерацією, розшифровка якої проводиться в правому верхньому кутку схеми. Нумерація потоку представляється в розривах ліній, що зображають матеріальні потоки.

Кожен апарат на схемі повинен мати номер, який зберігається у всіх частинах проекту (технологічної, будівельної, електротехнічної, економічної та ін.).

Апарати на схемі нумерують зліва направо з урахуванням технологічної послідовності. По технологічних трубопроводах транспортують газоподібні, рідкі, сипкі речовини і їх суміші. Неагресивним вважається середовище, що викликає корозію стінок труби менш 0,1 мм за рік, середнеагресивну – більше 0,5 мм за рік, високоагресивну – більше 0,5 мм за рік. Залежно від агресивності середовища, трубопроводи можуть бути виготовлені з металевих матеріалів (вуглецеві і леговані сталі, кольорові метали та їх сплави, чавун), металевих матеріалів з внутрішнім покриттям (гума, емаль, полімери, біметал), неметалевих матеріалів (поліетилен, полівінілхлорид, поліпропілен, фторопласт, скло, графіт, кераміка).

Швидкість переміщення речовин, що транспортуються, в трубопроводі зазвичай приймають для води і малов'язких рідин (спирт, ацетон, бензен, неконцентровані розчини кислот і лугів) – 1-2,5 м/с, для

рідин з великою в'язкістю і суспензій – 0,5-1,5 м/с, для стислих газів і насиченої пари – 20-30 м/с.

На лініях основних і допоміжних потоків зображають стандартними умовними позначеннями арматуру. Напрям матеріальних потоків указують за допомогою стрілок, розмір яких при викреслюванні схеми на листі А1 відповідає розміру стрілки, вписаної в квадрат зі стороною, рівною 3 мм; арматура типу кранів, вентилів та ін. викреслюється аналогічно стрілкам, які стикаються вершинами, розмір арматури  $\approx 3 \times 6$  мм; конденсаційний горщик зображають у вигляді квадрата зі стороною 3 мм.

**Щоб уникнути тепловтрат і для забезпечення умов техніки безпеки, устаткування і трубопроводи, що застосовуються для переробки і транспортування продуктів при підвищеній або зниженій температурі, повинні бути теплоізолювані. Температура на поверхні ізоляції нормується, її потрібно приймати:**

- для устаткування і трубопроводів, що знаходяться в приміщенні, з температурою речовини більш 100 °С, – не вище 45 °С;

- для устаткування і трубопроводів, що знаходяться в приміщенні, з температурою речовини 100 °С і менш, – не вище 35 °С;

- для устаткування і трубопроводів, розташованих на відкритому повітрі поблизу місць перебування обслуговуючого персоналу, при покривному шарі з металу – не вище 55 °С, а при інших видах покривних шарів – не вище 60 °С.

Як теплоізоляційні матеріали використовують мати з мінеральної вати, мати і смуги з скловолокна, плити з тих же матеріалів на тому ж синтетичному зв'язуючому, пінопласти, шнур і тканина з азбесту. У апаратів, що підлягають ізоляції, передбачаються спеціальні пристосування для кріплення ізоляції

Для збільшення терміну служби теплоізоляції, зниження коефіцієнта випромінювання теплоізолювані апарати і трубопроводи захищають покривними матеріалами. Для цієї мети застосовують тонколистові оцинковану сталь, алюміній і його сплави, склопластик та його модифікації.

**На технологічній схемі обов'язково показують звідки і як поступає в цех сировина, допоміжні матеріали, куди і яким способом віддаються готова продукція, відходи, стічні води.** При великій витраті сировини доцільно організувати її прийом на цеховий склад, мінуючи загальнозаводський; в цьому випадку зображають схему прийому сировини в цех (вихідна тара – спосіб розвантаження – приймальна ємність). Якщо для транспортування сировини або готової продукції передбачений підлоговий транспорт, це указують на технологічній схемі.

**На технологічній схемі наносять устаткування не тільки основних, але і допоміжних операцій** таких, як дозування (відмірювання) і підготовка (подрібнення, розчинення, суспендування та ін.) сировини, проміжне зберігання продуктів, поглинання газів, що відходять, та ін. При цьому необхідно виключити зайві операції по переміщенню сировини,

проміжних продуктів, реакційних мас усередині виробництва; не слід ускладнювати схему прийому, дозування сировини.

**В процесі розробки технологічної схеми проводять вибір типу устаткування,** який уточнюють при подальших розрахунках і компоновці устаткування. На конструкцію апарата, спосіб передачі реакційної маси впливає розташування устаткування по кожному поверху. Наприклад, при вертикальній компоновці можна використовувати апарати з нижнім спуском (не рекомендується для агресивних середовищ) і самопливом реакційної маси.

**Розробка технологічної схеми тісно пов'язана з вибором методів контролю і регулювання виробничих процесів.** Для отримання інформації про значення параметрів технологічного процесу (температура, тиск, витрата рідини або газу, рівень рідини, кислотність середовища та ін.), необхідної для вживання заходів (уручну або автоматично) у разі відхилення від регламентного показника, призначені контрольно-вимірювальні прилади.

Автоматизація технологічної схеми або її окремих вузлів повинна забезпечити контроль, регулювання параметрів і у разі потреби – блокування і зупинку агрегату в автоматичних режимах.

Для ухвалення правильних рішень про контроль і регулювання процесу необхідно з'ясувати, які параметри впливають на протікання процесу і за допомогою якого управління можна підтримувати їх в регламентних межах.

**В ході проектування до технологічної схеми можуть вноситися зміни і доповнення.** Остаточне її оформлення проводиться після ухвалення основних проектних рішень і з'ясування питань, пов'язаних з розміщенням і взаємним розташуванням апаратів у цеху (компоновка устаткування).

**Проектування суміщених технологічних схем.** Синтез активних фармацевтичних інгредієнтів – це галузь, в якій виробляється велика кількість малотоннажних продуктів зі змінним асортиментом. Застосування за цих умов індивідуальних технологічних схем пов'язано з низькою завантаженістю устаткування. У зв'язку з цим виникає необхідність в такій організації процесу, яка б забезпечувала високий коефіцієнт використання устаткування на протязі тривалого часу.

Значна роль в рішенні цієї задачі відводиться уніфікації сировини і технології для виробництва малотоннажних продуктів зі змінним асортиментом, яка дає можливість максимально використовувати устаткування, сировину і допоміжні матеріали.

Така організація технологічного процесу дає можливість міняти асортимент і потужності переробляємих речовин без простоїв устаткування або з мінімальними простоями.

До переваг суміщених технологічних схем відносяться:

- можливість наробляти на одному і тому ж устаткуванні декількох продуктів;

- високий коефіцієнт використання устаткування (скорочення простоїв);

- можливість застосування апаратів великої одиничної потужності (що дає можливість досягнути певного ступеню механізації і автоматизації технологічного процесу і підвищити санітарно-гігієнічні умови праці);

- можливість уніфікації сировини і допоміжних матеріалів, що дає змогу скоротити число сировинних ємностей і комунікацій.

Вказані переваги дають можливість знизити питомі капітальні витрати і собівартість продукції. Так, заміна чотирьох індивідуальних реакторів на один уніфікований дає економію коштів до 45%, а економія на його обслуговуванні досягає 48 %.

До недоліків суміщених схем слід віднести:

- необхідність зупинки устаткування задля миття та чистки при переході з одного продукту на інший;

- можливість забруднення одного продукту іншими;

- збитки продукту при зміні асортименту;

- труднощі при підборі устаткування за причини різниці в параметрах процесів, хімічної агресивності переробляємих речовин тощо.

Інколи доцільно багатостадійні технологічні процеси, що відтворюються на індивідуальних технологічних схемах, переривати на стадіях утворення транспортбельних і контролюємих за якістю проміжних продуктів з подальшою переробкою їх на суміщених агрегатах (особливо для фізико-механічних процесів: помел, приготування випускних форм і ін.).

З метою уніфікації функцій технологічного обладнання застосовують гребінки для переключення потоків рідкої сировини з одного апарата на інший, переміщення устаткування тощо.

Розпізнають два види уніфікації:

1. Технологічна уніфікація, яка передбачає суміщення технологічних стадій і апаратури, уніфікація сировини і допоміжних продуктів.

2. Створення мобільних агрегатів, відносно швидко ремонтуємих в залежності від вимог певного технологічного процесу. Таке рішення певною мірою забезпечує вимоги щодо умов виробництва малотоннажної продукції зі змінним асортиментом.

Більш перспективною є технологічна уніфікація. Вона дає можливість швидкої зміни асортименту з меншими затратами праці і часу. Однак вона передбачає незначну кількість продуктів (5-7), вибірку яких можна поєднувати в одній схемі.

При необхідності поєднати в межах однієї технологічної схеми велике число виробництв виникає необхідність у створенні мобільних агрегатів і парку запасного обладнання.

Технологічні вузли і апарати повинні бути по можливості уніфіковані. Ця робота часто утруднюється різноманіттям хімічних і фізико-хімічних процесів, що застосовуються у виробництві малотоннажних продуктів зі змінним асортиментом, і відсутністю

технологічної класифікації в ряді галузей. Рішенням задачі є створення набору типових вузлів і агрегатів.

Основну роботу по уніфікації малотоннажних виробництв зі змінним асортиментом ведуть на стадії лабораторних досліджень. З самого початку розробки схеми виробництва вирішується питання, з якими іншими малотоннажними виробництвами може бути створена суміщена технологічна схема.

На стадії лабораторних досліджень повинна бути уніфікована номенклатура сировини і допоміжних продуктів (розчинники, абсорбенти тощо). При уніфікації сировини встановлюються типові концентрації реагентів.

Для зменшення об'ємів, кількості одиниць обладнання і трудових витрат пропонуються наступні правила вибору концентрацій:

- якщо це можливо, використовувати концентровані розчини реагуючих речовин;

- по-можливості застосовувати водні розчини речовин.

При виборі розчинників виходять з його ціни, вогне- і вибухонебезпечності, токсичності та доступності.

Уніфікація технології передбачає уніфікацію питомих об'ємів реакційних мас з метою можливого використання однотипної апаратури з близькими об'єктами.

В залежності від ступеня суміщення індивідуальної схеми з уніфікованою можна виділити:

1. Повну уніфікацію – використання апаратів суміщеної схеми на 90–100 %;

2. Задовільну – використання апаратів суміщеної схеми на 60–90 %;

3. Часткову – використання апаратів суміщеної схеми на 30–60 %.

У лабораторних регламентах вказується, з яким із діючих чи розробляємих процесів нове виробництво може бути суміщене, на якій із вільних потужностей його можна розташувати.

Роботи по уніфікації технології повинні продовжуватись і на стадіях дослідних та проектних розробок. Втім, за умов дослідного виробництва треба відпрацьовувати лише питання, які пов'язані з об'ємами устаткування, а також технічні рішення, які не можуть бути вирішені у лабораторних умовах (наприклад, уніфіковані методи механізації завантаження і вивантаження проміжних та кінцевих продуктів).

### **1.2.4.3 Розробка апаратурно-технологічного оформлення стадій підготовки сировини і випуску готової продукції**

У хіміко-фармацевтичній промисловості використовують різні газоподібні, рідкі і тверді речовини. Необхідно доставляти їх на підприємство, зберігати на складі, передавати у виробництво, забезпечувати їх дозування і завантаження в апарати. Розрахунок

внутрішніх резервів технологічної схеми цілком відноситься до компетенції проектувальника-технолога і безпосередньо пов'язаний з необхідністю погашення раптово виникаючих «збурень» в подачі сировини, проміжних продуктів, видачі готовій продукції. Перерви в подачі сировини виникають при порушенні графіка його постачання виробником або перевезення залізницею, або ж при виході з ладу складського устаткування і комунікацій. Можливі збурення постачань і відвантаження компенсуються наявністю складських запасів сировини і готової продукції, які визначаються при проектуванні.

Загальнозаводські складські запаси масових видів сировини розраховують, виходячи з 5-60-добової потреби підприємства в даній сировині. При визначенні складських запасів враховують спосіб доставки сировини. Об'єми складських резервів у виробничих цехах обґрунтовуються режимом роботи загальнозаводських складів (цілодобовий або однозмінний) і протипожежними та санітарними нормами, що діють. Їх розраховують виходячи з 1–3 добової потреби цеху у сировині

Резерви необхідні також для дублювання транспортних пристроїв (елеватори, конвеєри, підйомники, насоси, електротельфери, електронавантажувачі та ін.); при рішенні цього питання враховують тривалість ремонтів вибраного транспортного устаткування. Складське і транспортне устаткування вибирають з урахуванням властивостей сировини і готового продукту, а також способу їх доставки на підприємство і відправки споживачеві.

#### **1.2.4.4 Вибір технологічного устаткування**

Вибір устаткування, як правило, здійснюють за схемою:

- вибір конструкції і принципу дії апаратів і машин;
- вибір конструкційних матеріалів апаратів і машин, а також захисних покриттів їх деталей, що контактують з робочим середовищем;
- технологічний розрахунок (визначення об'єму і основних розмірів апаратів і машин);
- перевірочні розрахунки апаратів і машин на підставі матеріального балансу та режиму роботи процесу, у тому числі, тепловий розрахунок.

Перевірочні розрахунки устаткування виконують у тому випадку, коли іншим шляхом неможливо оцінити його відповідність і ефективність, як правило, по методиках, передбачених нормативними документами.

Розглядаючи різні варіанти апаратів і машин, які можуть бути використані як пристрої для проведення технологічних процесів проектованого виробництва, слід віддавати перевагу типовим апаратам і машинам, що серійно випускаються промисловістю. Відомості про такі апарати і машини є в каталогах виробників.

У проектних або в робочих документах складають вихідні вимоги до розробки конструкторської документації на устаткування індивідуального виготовлення.



Склад і обґрунтування прийнятого устаткування, у тому числі імпортного і такого, що вперше розробляється, приводиться у відповідному підрозділі записки пояснення проекту.

При обґрунтованій необхідності використовувати спеціальне устаткування, приймають рішення про розробку апарата або машини.

#### **1.2.4.5 Транспортування, зберігання, дозування сировини**

**Рідка сировина і зріджені гази** поставляють на підприємство в залізничних і автомобільних цистернах ємністю 50 або 16 т, контейнерах будь-якої ємності, в бочках місткістю до 400 л, балонах.

Для перевезення застигаючих рідин застосовують тару, що обігривається (цистерни, контейнери); при розвантаженні підключають теплообмінні елементи до лінії теплоносія. У таких ємностях перевозять 20 і 65 %-й олеум, розплав нафталіну, фенол та ін.

**Зріджені гази** (аміак, хлор та ін.) транспортують в тарі під тиском. На дальні відстані гази транспортують переважно по трубопроводах. Рідкий аміак транспортують і зберігають під тиском 1,8-2,2 МПа, бутан, бутилен, дивініл – при 0,7-1,1 МПа, рідкий хлор перевозять в залізничних цистернах під надмірним тиском 0,7 МПа. Зріджені гази зберігають в кульових резервуарах ємністю до 600 м<sup>3</sup> або в горизонтальних цистернах ємністю до 100 м<sup>3</sup> і перекачують під власним тиском або під тиском інертного газу, або перекачують спеціальними насосами.

Для зберігання органічних рідин застосовують циліндрові вертикальні і горизонтальні цистерни ємністю до 700 м<sup>3</sup>, розраховані на тиск пари від 200 (для бензену, фенолу, ацетофенону та ін.) до 3000 (для етанолу, метанолу та ін.) мм вод. ст. (1,96-29,40 кПа).

**Схему прийому, зберігання і дозування рідких реагентів або розчинників організують з урахуванням їх властивостей і кількості (об'єму).** Нижче розглянуті 3 таких схеми: для ЛЗР – легкозаймисті рідини; для застигаючої рідини, що надходить на підприємство в контейнері, з обігрівом; для застигаючої рідини, що постачається в сталевих барабанах (рис. 1.10, 1.11, 1.12).

Розвантаження цистерни або контейнера в сховище здійснюється за допомогою насоса по патрубку, який вводиться через люк цистерни. При використанні відцентрового насоса передбачається система для заповнення його рідиною, що складається з напірного бачка і дзвонової пастки, заповненої оливою і пов'язаною з вакуумом. При періодичній організації процесу насос подає рідкий реагент або розчинник зі сховища в мірник або через лічильник безпосередньо в реактор. При безперервній організації процесу рідина, що дозується, подається насосом через регулятори витрати або напору, або через «вставку Вентурі».

При зберіганні і дозуванні легкозаймистих і токсичних рідин необхідно передбачати заходи запобігання попаданню їх пари в атмосферу.

Для цього зв'язок з атмосферою початкових ємностей, сховищ, мірників, регуляторів напору, інших ємнісних апаратів здійснюється через зворотний холодильник і після нього – через «бачки азотного дихання» (у яких пари ЛЗР розбавляються азотом перед викидом в атмосферу) або через вогнезапобіжник (рис. 1.10а).

При використанні регулятора напору постійна витрата рідини на виході з нього досягається автоматичною підтримкою постійного рівня, якщо насос перекачує деяку надмірну кількість рідини, яка зливається через верхній бічний штуцер регулятора в сховищі (рис. 1.10б).

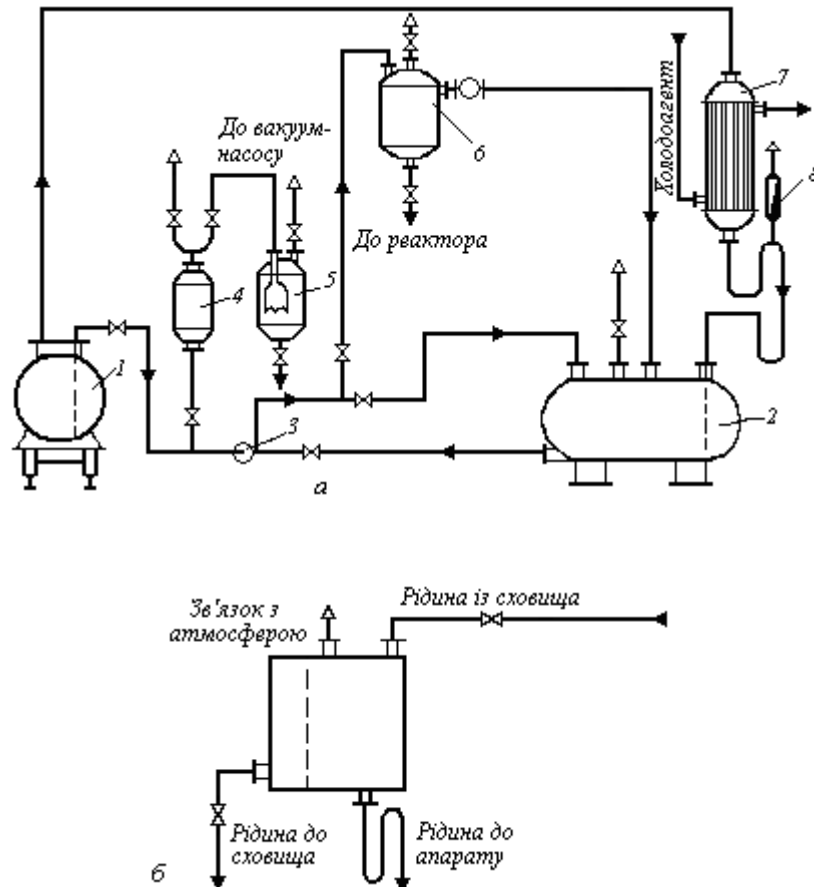


Рис. 1.10 Схема прийому, зберігання і дозування легкозаймистої рідини (а) і регулювання витрати рідини (б):

1 – цистерна для транспортування ЛЗР; 2 – сховище; 3 – насос; 4 – напірний бачок; 5 – дзвонова пастка для пари ЛЗР; 6 – мірник; 7 – зворотний холодильник; 8 – вогнезапобіжник

Висота рівня рідини в регуляторі напору  $H$ , м, залежить від діаметра вихідного штуцера і визначається за формулою:

$$H = [1/(2g)] \cdot [W/(\varphi_p \cdot f)]^2, \quad (1.1)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $m/s^2$ ;

$W$  – об'ємна витрата рідини, яка протікає,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  
 $\varphi_p = 0,62-0,63$  – коефіцієнт витрати;  
 $f$  – площа перетину вихідного штуцера,  $\text{м}^2$

Система, що складається з трубки Вентурі і дифманометра, дозволяє достатньо точно визначити по перепаду тиску витрату рідини або газу в трубопроводі. Дифманометр вимірює перепад тиску, що виникає унаслідок зміни перетину трубопроводу.

Витрату рідини, відповідну даному перепаду  $W$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , розраховують за формулою:

$$W = [2g(P_1 - P_2)/\rho]^{1/2}(1/F_2^2 - 1/F_1^2)^{-1/2}, \quad (1.2)$$

де  $P_1$  і  $P_2$  – тиск рідини відповідно в широкому і вузькому перетині,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;

$\rho$  – густина рідини,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$F_1$  і  $F_2$  – площа перетину труби відповідно в широкому і вузькому місцях,  $\text{м}^2$ .

З автомобільних контейнерів застигаючі рідини по трубопроводах, що обігріваються, передавлюються стислим повітрям в сховища, звідки тим же способом або частіше зануреними насосами подаються в мірники. Мірники, що мають елементи поверхні теплообміну (оболонки або змійовики), встановлюють на вагах (рис. 1.11). (Застосування тензорних ваг дозволяє автоматично регулювати наповнення мірника).

При розробці схем прийому і транспортування рідкої сировини слід уникати їх зайвої універсальності, щоб виключити можливість забруднення однієї сировини іншою. Тому схему прийому кожного виду сировини, як правило, ізолюють. Схема повинна бути простою, без зайвої арматури: кожен зайвий вентиль, кран, фланець є потенційними джерелами втрат сировини і виділення пари.

Для низькокиплячих речовин і рідин, які осмолюються при обігріві парою, здійснюється переважний обігрів рідкими теплоносіями (наприклад, антифризами, *o*-дихлорбенzenом), що забезпечують м'які умови теплообміну завдяки зниженому коефіцієнту теплопередачі від рідкого теплоносія до стінки в порівнянні з тим же показником для пари.

Недоцільно ускладнювати схему прийому, подачі і обліку витрати сировини, особливо у разі застигаючих токсичних рідин. Найбільш простий спосіб обліку – зважування контейнерів, бочок, барабанів до і після їх спорожнення. На рис. 1.12 показана схема подачі і завантаження в реактор *n*-толуїдину, що поступає в цех в барабанах. Барабани з сировиною на піддоні за допомогою автонавантажувача встановлюють на ваги і потім автонавантажувачем і вантажним ліфтом доставляють до плавителя, в який барабан встановлюють спеціальним захопленням

горловиною вгору. Після плавлення *n*-толуїдин подається в реактор за допомогою вакууму.

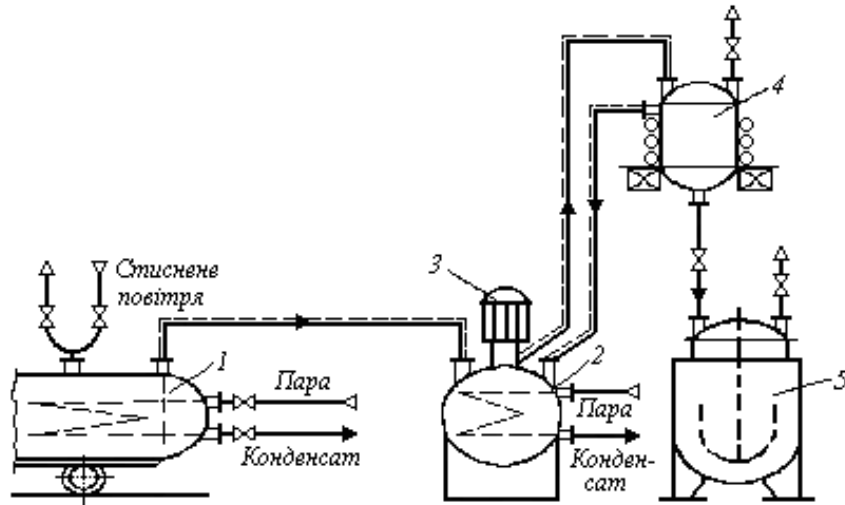


Рис. 1.11 Схема прийому, зберігання і дозування застигаючої рідини:  
 1 – автомобільний контейнер, що обігривається; 2 – сховище, що обігривається; 3 – занурений насос; 4 – мірник з приварними змійовиками; 5 – реактор періодичної дії.

Деякі застигаючі продукти можна подавати до реакційних апаратів безпосередньо з обігриваних контейнерів, що, отримуються від постачальника, і враховувати кількість сировини по масі.

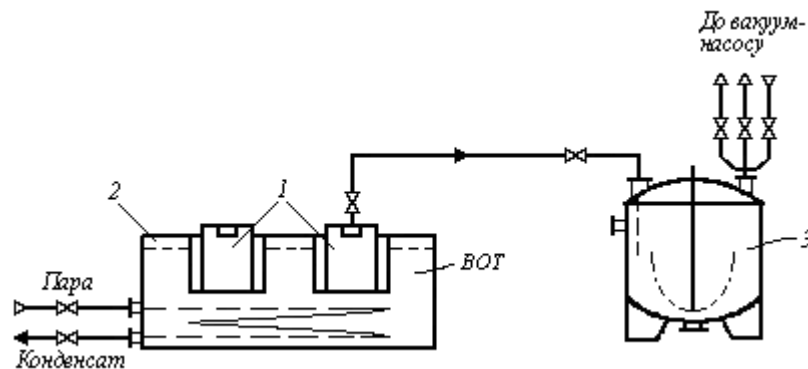


Рис. 1.12 Схема завантаження *n*-толуїдину із сталевих барабанів:  
 1 – барабани з *n*-толуїдином; 2 – плавитель; 3 – ємнісний апарат

**Тверду неорганічну і органічну сировину** залежно від споживаних кількостей і властивостей (гігроскопічність, злежуваність тощо) доставляють на підприємство навалом на залізничних платформах, в напіввагонах з дном, що відкидається, в закритих вагонах; можливе перевезення в саморозвантажувальних бункерах, пневмоцистернах. Тверда сировина, споживана в обмеженому числі виробництв, транспортується в

мішках, барабанах, бочках, контейнерах, які перевозяться, як правило, автотранспортом або в закритих вагонах.

**Для розвантаження платформ, вагонів, автотранспорту на території підприємства** застосовують спеціальний підлоговий транспорт (авто- і електронавантажувачі), забезпечений пристосуваннями для захоплення, підйому, штабелювання вантажів. Вантажопідйомність електронавантажувачів від 0,5 до 1,0 т, автонавантажувачів – до 2,0 т. Радіус дії машин – в межах 200 м. Машини з навантажувальним ковшем вантажопідйомністю до 1,0 т можуть бути введені в критий залізничний вагон і використані при розвантаженні твердих речовин, що поступають навалом. Машини вантажопідйомністю до 2,0 т можна піднімати з вантажем на верхні поверхи будівель звичайними вантажними ліфтами. Електронавантажувачі декількох типів випускають у вибухобезпечному виконанні.

При виборі способу зберігання і завантаження твердих речовин в апарати враховують такі їх властивості, як насипна густина, кут природного укосу, гігроскопічність, розміри частинок, злежуємість при тривалому зберіганні, адгезія до матеріалу, з якого виготовлені бункери, тічки, трубопроводи.

**Схема розвантаження, зберігання і подачі твердої сировини в апарати** залежить від способу доставки і властивостей сировини. Наприклад, для сипких матеріалів, що поступають в залізничних вагонах і упакованих в крафт-целюлозні мішки, така схема може включати наступні стадії:

- доставка мішків, що знаходяться на піддонах, електронавантажувачем на склад підприємства (або цех);
- доставка мішків електронавантажувачем до транспортера, елеватора, і потім транспортером або елеватором – до машини для розшивання мішків; часто в цю схему включаються вантажні ліфти;
- розвантаження твердого сипкого матеріалу в бункер-сховище;
- дозування з бункера-сховища за допомогою живильника в пересувний бункер-контейнер, що доставляється засобами малої механізації до апарата, або подача з сховища пневмотранспортом в бункер-циклон, встановлений над апаратом.

Процеси вивантаження і транспортування сипких порошків у вигляді аерозолів освоєні у виробничому масштабі для 2-нафтолу, антрахінону, антрацену (у виробництві антрахінону), 1-аміноантрахінону, кальцинованої соди, натрійхлориду, чавунної стружки, цинкового пилу, охолодженого лускового льоду. Для перевезення ряду сухих порошкоподібних продуктів, що не злежуються, можуть бути використані пневмоцистери і пневмобункери, що встановлюються на автомашинах.

Застосовують два способи пневмотранспорту:

- при надмірному тиску в струмі повітря або інертного газу у разі утворення вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей;
- при розрідженні, що створюється вакуумом.

За другим способом виключається можливість попадання пилу з системи у виробничі приміщення через нещільність.

Деякі проміжні продукти для синтезу активних фармацевтичних інгредієнтів випускають у вигляді водних паст, і до теперішнього часу розфасовуються у бочки і барабани. На заводах ця тара з складу подається безпосередньо до апаратів. Вивантаження пасти проводиться уручну, оскільки механізація утруднена із-за великої в'язкості пасти. Тому для внутрішньоцехових і внутрішньозаводських зав'язків широко використовують передачу проміжних продуктів у вигляді суспензій, які отримують безпосередньо після стадій фільтрування в спеціальних шнеках або апаратах з мішалками. Проміжні продукти у вигляді суспензій можуть транспортуватися на невеликі відстані між підприємствами в автоцистернах, забезпечених пристроями, які перемішують і змивають.

При компоновці цехів необхідно передбачити можливість розміщення в них стаціонарних підйомних транспортних машин (підйомники, тельфери). Щоб раціонально вирішити ці питання при розробці будівельної і механічної частини проекту, технолог-проектувальник повинен відобразити на технологічній схемі всі операції по транспортуванню і завантаженню сировини, проміжних продуктів, готової продукції. Як зразки можна використовувати схеми, розроблені групою вчених Інституту хімічних технологій та промислової екології (колишньої Рубіжанської філії Науково-дослідного інституту напівпродуктів та барвників – НиОПиК).

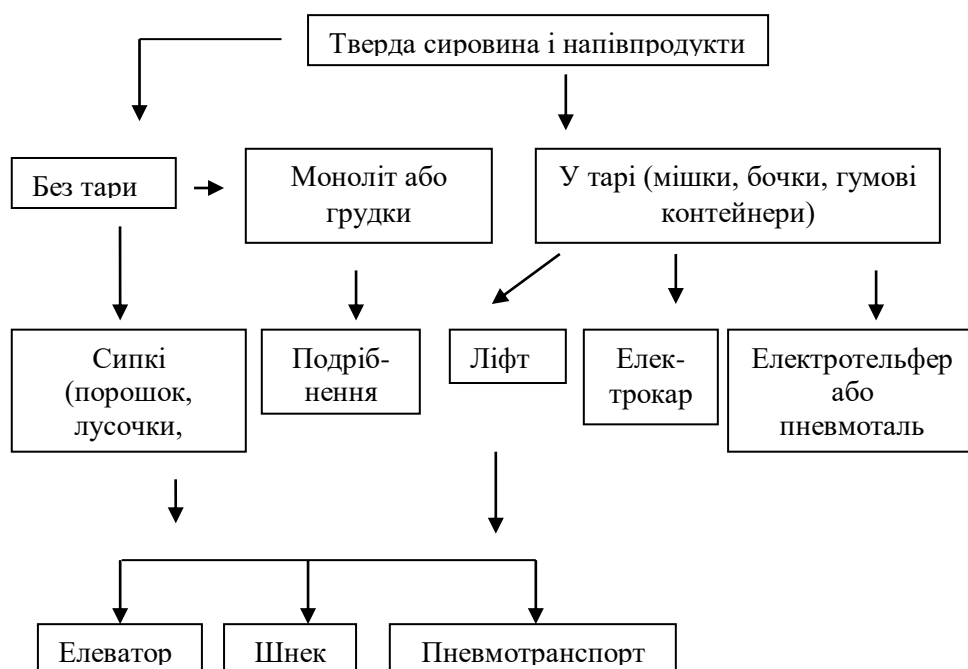


Рис. 1.13 Спосіб транспортування твердих матеріалів і напівпродуктів.

Схеми найбільш розповсюджених у виробництві установок для транспортування, дозування і завантаження твердої сипкої сировини і

напівпродуктів без тари механічним способом і пневмотранспортом показані на рис. 1.13. При транспортуванні механічним способом (рис. 1.14 а) сировину переміщують вертикально елеватором 1, а горизонтально – шнеком 2, дозування ведуть за допомогою бункерних ваг 3. При використанні пневмотранспорту сипкий матеріал з бункера 4 (рис. 1.14 б) потоком інертного газу, який створюється газодувкою 5 за рахунок надлишкового тиску, подається в розподільчий пристрій 8 і далі спрямовується до реактора. В циклоні 7 матеріал відділяється від потоку інертного газу і зсипається в автоматичні порційні ваги 9. Зворотний потік інертного газу додатково очищується в циклоні 10 та рукавному фільтрі 6, після чого знову надходить в газодувку.

Пневмотранспорт, який відбувається при надлишковому тиску в потоці повітря або інертного газу, використовується, як правило, в умовах утворення вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей. При використанні пневмотранспорту, що працює при розрідженні, виключається можливість надходження пилу з системи в приміщення крізь нещільності в трубопроводах.

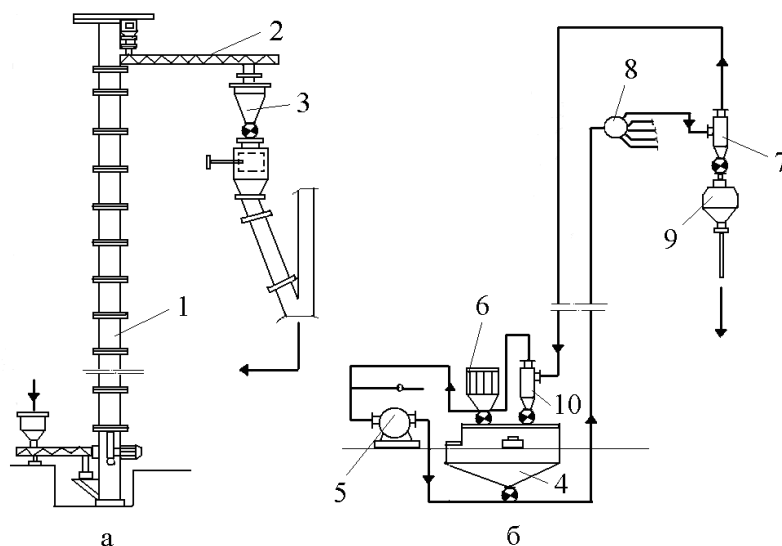


Рис. 1.14 Апаратура для транспортування, дозування і завантаження сипкої сировини і напівпродуктів без тари:

1 – елеватор; 2 – шнек; 3 – бункерні ваги; 4 – бункер; 5 – газодувка; 6 – рукавний фільтр; 7, 10 – циклони; 8 – розподільчий пристрій; 9 – автоматичні порційні ваги.

На рис. 1.15 і рис. 1.16 показано схеми організації підлогового транспорту для завантаження сипких матеріалів з бункерів в реакційні апарати.

Відповідно до схеми, показаної на рис. 1.15, сипкий матеріал, що знаходиться в бункері 2, попередньо зважується на підлогових вагах 6, після чого електронавантажувачем 1 за допомогою цехового вантажного ліфта 3 (або електropідйомником) піднімається на другий поверх. На

другому поверсі бункер виставляється над реакційним апаратом 5, куди за допомогою спускної труби 4 вивантажується сировина.

На рис. 1.16 показано схему дозування і подачі в апарат сипких матеріалів за допомогою бункера з підйомним шнеком 3. Нажаль, ця схема передбачає ручні операції – заочухвання бункера у вантажний ліфт 5 і подачу його до апарата 6, що є можливим лише при невеликій масі порцій матеріалу, що завантажується на одну операцію.

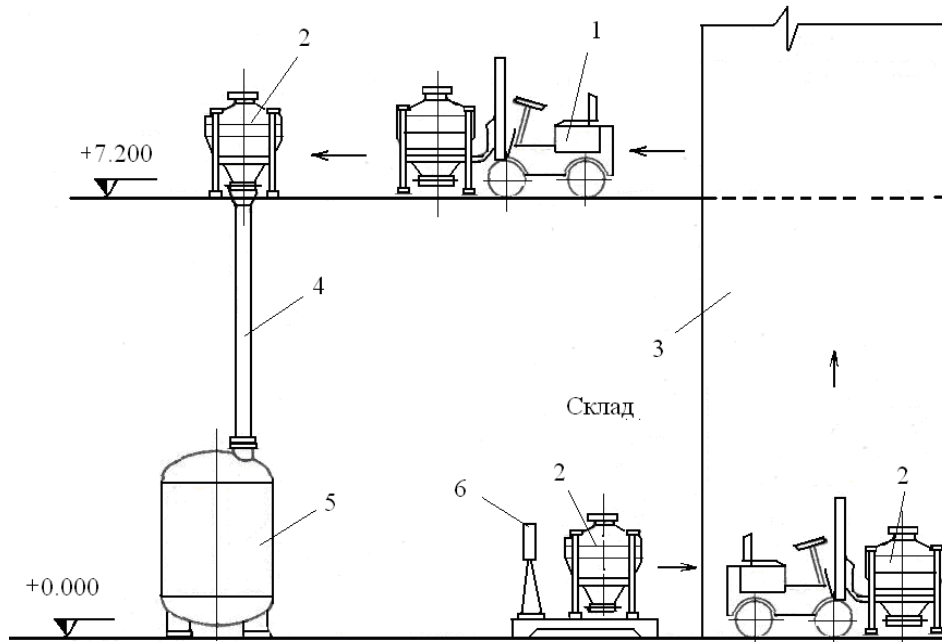


Рис. 1.15 Схема подачі сипких матеріалів в апарати за допомогою контейнера-бункера:

1 – електронавантажувач; 2 – бункер; 3 – цеховий вантажний ліфт (або електропідйомник); 4 – спускна труба; 5 – реакційний апарат; 6 – ваги.

Важливою проблемою є механізація транспортування, завантаження і дозування твердих матеріалів у вибухонебезпечних цехах. В цих умовах необхідно використовувати пневматичні механізми, електронавантажувачі у вибухобезпечному виконанні, самохідні візки та інші вибухобезпечні механізми.

На практиці при транспортуванні, завантажуванні і дозуванні твердих матеріалів і напівпродуктів без тари, які мають температуру плавлення нижчу, ніж 100 °С, виникають труднощі. Такі матеріали при завантажуванні і дозуванні частково сплавляються, налипають на частини рухомих механізмів і на вагові ємності, забивають труби тощо. У зв'язку з цим рекомендується їх попередньо плавити, а потім перекачувати трубопроводами і дозувати ваговими мірниками, що обігриваються. Заміна заглибних насосів для дозування виключає використання мірників.



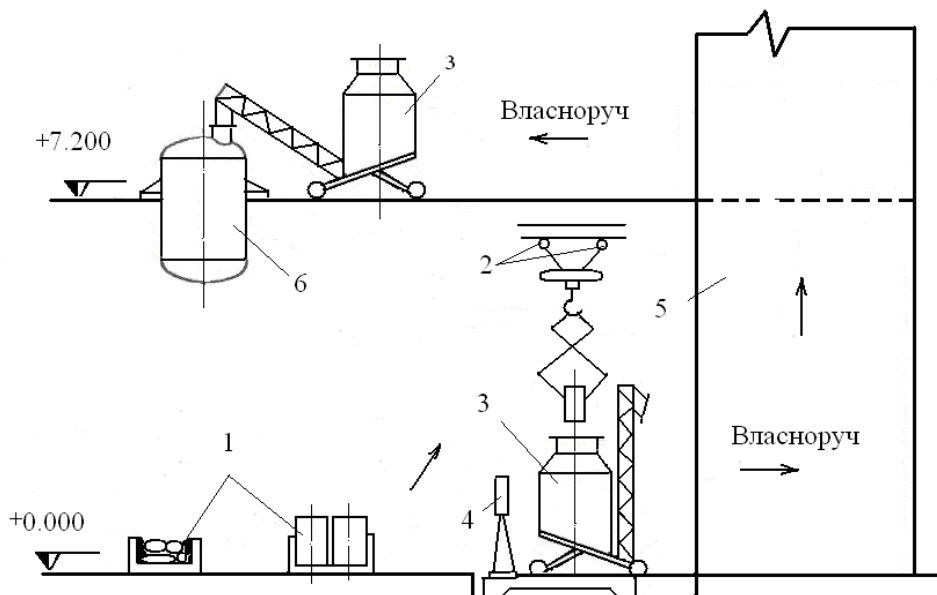


Рис. 1.16 Схема подачі сипких матеріалів в апарати за допомогою бункера з підйомним шнеком:

1 – піддон; 2 – тельфер; 3 – бункер зі шнеком; 4 – ваги; 5 – вантажний ліфт (або електropідйомник); 6 – реакційний апарат.

Транспортування, дозування і завантаження в розплавленому вигляді рекомендується також для матеріалів, які легко сублімують при нагріванні. Наприклад, попереднє плавлення фталевого ангідриду дозволяє уникнути значних втрат за умов його плавлення в реакційному апараті.

Установка для плавлення, транспортування, дозування і завантаження розплавленого фталевого ангідриду показана на рис. 1.17. Аналогічні установки можуть бути використані для інших сипких матеріалів.

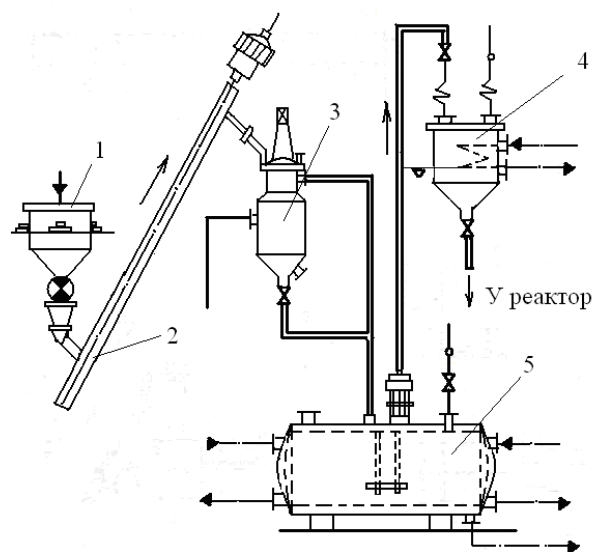


Рис. 1.17 Схема установки для плавлення, зберігання, дозування і завантаження фталевого ангідриду: 1 – бункер; 2 – похилий шнек; 3 – плавильник; 4 – мірник з обігрівом; 5 – ємність-сховище.

Деякі види сировини, що постачаються на виробництво у вигляді монолітів (каніфоль), також зручно плавити перед завантаженням в реакційний апарат. При цьому усувається трудомістка операція подрібнення матеріалів і скорочується тривалість циклу в реакційному апараті. Деякі установки для плавлення наведено на рис. 1.18.

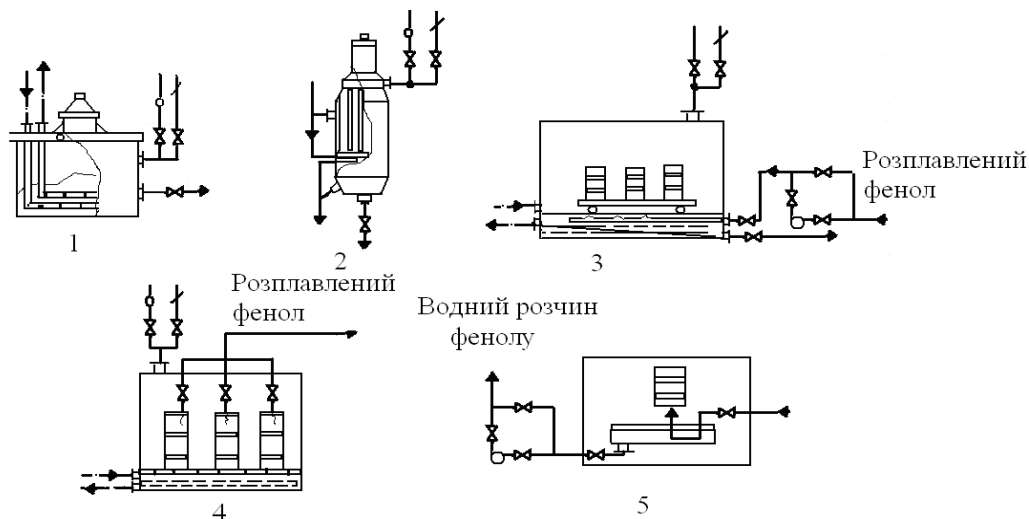


Рис. 1.18 Установка для плавлення каніфолі і фенолу:

1 – плавильник кускової каніфолі; 2 – плавильник каніфолі в бочках; 3,4 – установка для плавлення фенолу; 5 – установка для вивантажування фенолу з тари парою.

На рис. 1.19 показано схему подачі, дозування і завантаження в реактор п-толуїдину, що постачається в цех у барабанах. Барабани 1 з сировиною на піддоні автотранспорту встановлюють на ваги і потім автотранспортом та вантажним ліфтом транспортують до плавильника 2, де їх розташовують спеціальним захватом горловиною догори. Після плавлення п-толуїдин подається в реактор 3 за допомогою вакууму.

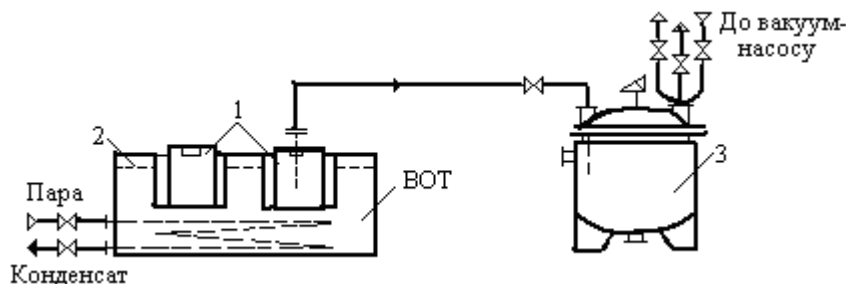


Рис. 1.19 Схема завантаження і дозування п-толуїдину зі сталевих барабанів:

1 – барабани з п-толуїдином; 2 – плавильник; 3 – ємнісний апарат.

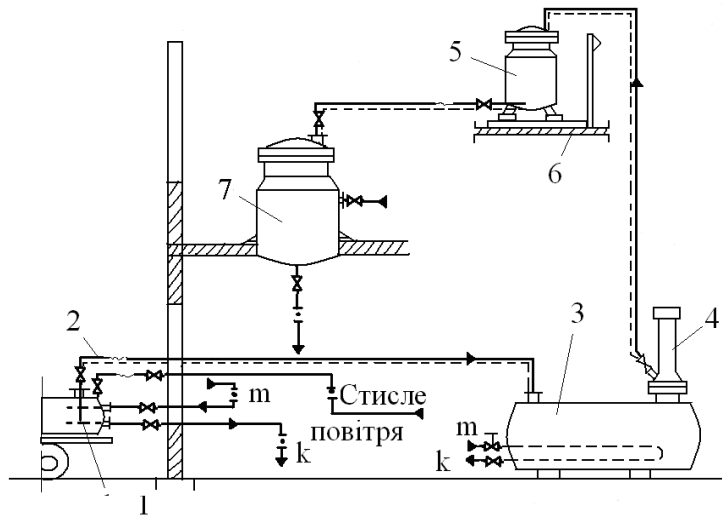


Рис. 1.20 Схема транспортування, дозування і завантаження твердих матеріалів в розплавленому стані:

1 – автомашина з контейнером; 2 – лінія опорожнення; 3 – приймальна цистерна; 4 – заглибний насос; 5 – мірник; 6 – ваги; 7 – реактор; m – теплоносій; k – конденсат.

У виробництві активних фармацевтичних інгредієнтів широко використовується перевезення твердих продуктів у вигляді розплавів. Це полегшує транспортування, дозування і завантаження такої сировини (рис. 1.20).

#### 1.2.4.6 Зберігання рідкої сировини на загальнозаводських складах

Великі об'єми рідин майже ніколи не надходять безпосередньо до місця використання. Їх спочатку спрямовують на загальнозаводські склади, а потім, по мірі необхідності, розподіляють по виробничих цехах.

Для зберігання великих об'ємів рідкої сировини на складах використовують резервуари-сховища різноманітних конструкцій, виготовленні з різних матеріалів в залежності від фізико-хімічних властивостей речовин, що зберігаються. Найчастіше використовують вертикальні або горизонтальні сталеві сховища зі сферичними або плоскими днищами в залежності від способу евакуації рідини із сховища. У випадку роботи без надлишкового тиску використовують резервуари з плоскими днищами. Якщо рідина евакуюється стиснутим газом або вакуумом, то резервуари виготовляють з випуклими або вгнутими днищами. Якщо рідина при зберіганні повинна відстоюватись від води або інших домішок, тоді резервуари обладнують конічним днищем.

Кришки вертикальних циліндричних резервуарів, як правило, конічні або плоскі. Внутрішню поверхню сталевих резервуарів захищають різноманітними покриттями з матеріалів, стійких до дії речовин, що зберігаються.

**Облаштування складів для зберігання кислот.** Зберігання кислот і лугів регламентується правилами безпеки для конкретних виробництв, де їх виробляють.

При виборі місця розташування складів та їх будови враховують горючість і токсичність кислот. Кислоти з температурою спалаху до 120°C слід зберігати відповідно до нормативних вимог до зберігання легкозаймистих і горючих рідин. До таких кислот відносяться капронова, форміатна, ацетатна з температурою спалаху відповідно 102, 60 і 38 °С. Більшість неорганічних кислот – негорючі речовини. До надзвичайно небезпечних речовин відносяться димлячі кислоти, наприклад, сульфатна, нітратна, хлоридна з густиною відповідно 1,87; 1,4; 1,5 г/см<sup>3</sup> і вище, а також хлорсульфонова кислота.

**Відповідно до «Правил безпеки органічних виробництв нітратної промисловості»** відпуск нітратної кислоти і меланжу з резервуарів рекомендується проводити за допомогою сифону, підключеного до вакуум-насоса, а купоросного масла і відпрацьованої сульфатної кислоти – через нижній штуцер резервуару, за умови встановлення на крані запірною пристрою, за допомогою якого згори можна перекрити вихід кислоти через нижній штуцер. Але в багатьох нормативних документах місце розташування приймально-розподільних штуцерів не вказується. Тому на різних підприємствах відпуск і приймання одних і тих же кислот здійснюється по-різному: суміщені або розділені приймально-розподільні штуцери розташовуються на кришці, стінці, поблизу днища або в самому днищі резервуару. Часто приймання кислот в резервуари здійснюється через верхній штуцер, розташований на кришці.

Найчастіше на сховищах кислот приймання і відпуск продукту доцільно вести через один і той самий штуцер, розташований біля днища резервуару. В цьому випадку досягається надходження кислоти в насос самопливом, а отже безперебійне перекачування продукту та більш повне вилучення кислоти з резервуару; скорочення витрати електроенергії, оскільки не вимагається підйому кислоти до верхнього рівня штуцера. Крім цього таке розташування штуцера не вимагає влаштування спеціальних майданчиків для його обслуговування.

Злив кислот з резервуарів є доволі небезпечною операцією незалежно від розташування штуцера. В резервуарах з нижнім розташуванням штуцера при аварійному пошкодженні арматури, встановленої в штуцері, або при пошкодженні прокладок на фланцевих з'єднаннях може відбутися розлив кислоти. Те ж саме може трапитись і у випадку зливу кислоти через верхній штуцер, оскільки трубопровід, який з'єднує сифон резервуару з насосом, практично завжди заповнений кислотою. Небезпечними є аварії, викликані корозією стінок резервуарів і зварних швів або руйнуванням антикорозійного захисту резервуару.

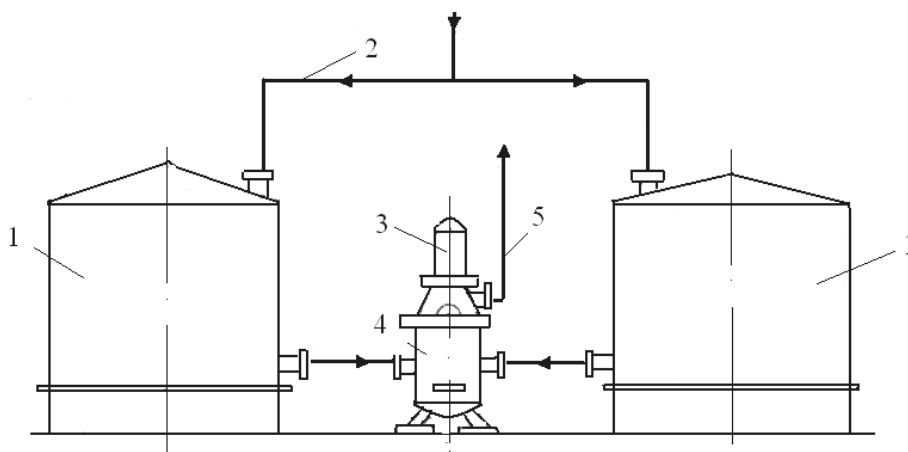


Рис. 1.21 Схема приймання і відпуску сульфатної кислоти із складських резервуарів:

1 – резервуарисульфатноїкислоти; 2 – трубопровідприймання кислоти; 3 – заглибний насос; 4 – збірна ємність; 5 – трубопровід відпуску кислоти.

На рис. 1.21 показана схема зберігання сульфатної кислоти, що включає два резервуари. Кислота подається в резервуари через верхній штуцер, а відпускається через нижній, розташований поблизу днища резервуару. З резервуару кислота надходить в невеликий збірний бачок із заглибним насосом, за допомогою якого кислота перекачується за призначенням.

Безпечна експлуатація кислотних резервуарів з нижнім зливом забезпечується наявністю сифонних пристроїв для відкачування продукту згори на випадок аварії резервуару.

**Сифон і його зарядка.** Прилад для переливу рідини з посудини з вищим рівнем в посудину з нижчим рівнем називається сифоном. Сифон має П-подібну форму. Безперервний злив рідини через сифон здійснюється за рахунок різниці тиску в колінах зігнутої трубки, тобто за рахунок атмосферного тиску, величина якого є більшою від тиску стовпа рідини. На початку роботи сифону трубки необхідно заповнити рідиною. Для цього використовують вакуумний насос або насос для перекачування рідини.

При використанні вакуумного насосу (рис. 1.22) сифон 5 резервуару 1 підключають до вакуум-лінії 2. В сифоні виникає розрідження, внаслідок цього рідина засмоктується з резервуару в сифон 5 і надходить у зливну трубу 6, з'єднану з насосом. Оглядовий ліхтар 4 дозволяє слідкувати за переміщенням рідини в трубці.

Якщо сифон заповнюють за допомогою бурака, то нижній кінець сифону підключається до бурака (рис. 1.23), тобто до бачка, який є продовженням сифону і заповнюється рідиною перед опорожненням резервуару. При зливі рідини з бурака через кран, розташований в нижній його частині, в бураці і в сифоні створюється розрідження, рідина

засмоктується з резервуару в сифон і вливається в бурак. Бурак має об'єм не менший, ніж 10-кратний об'єм сифонної труби. Злив рідини припиняється, якщо в сифон або бурак потрапляє повітря через нещільності фланцевих з'єднань трубопроводів, які з'єднують сифон з бураком, через сальникові ущільнення насоса та інші джерела засмоктування.

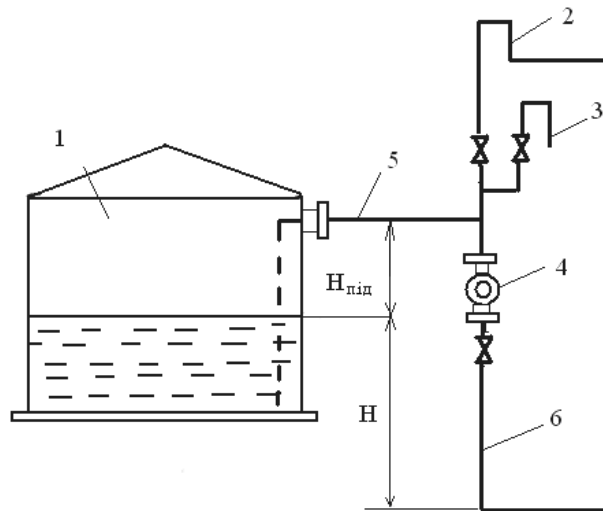


Рис. 1.22 Схема заповнення сифону рідиною за допомогою вакууму:  
 1 – резервуар; 2 – вакуум-лінія; 3 – зв'язок з атмосферою;  
 4 – оглядовий ліхтар; 5 – сифон; 6 – трубопровід зливної рідини.

Взагалі процес зливу рідини за допомогою бурака є важко керованим. В деяких випадках зупинка перекачування рідини відбувається раптово, що викликає необхідність у повторній зарядці бурака.

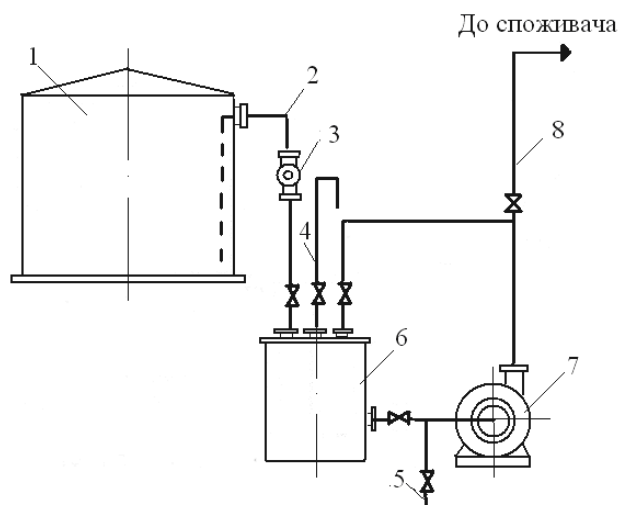


Рис. 1.23. Схема заповнення сифону рідиною за допомогою бурака:

1 – резервуар; 2 – сифон; 3 – оглядовий ліхтар; 4 – зв’язок з атмосферою; 5 – вакуум-лінія; 6 – бурак; 7 – насос; 8 – нагнітальний трубопровід.

Стабільніше працює система, в якій послідовно з’єднані бурак та вакуум-насос (рис. 1.24). Якщо злив з будь-яких причин припиняється, тоді підключають вакуум-насос.

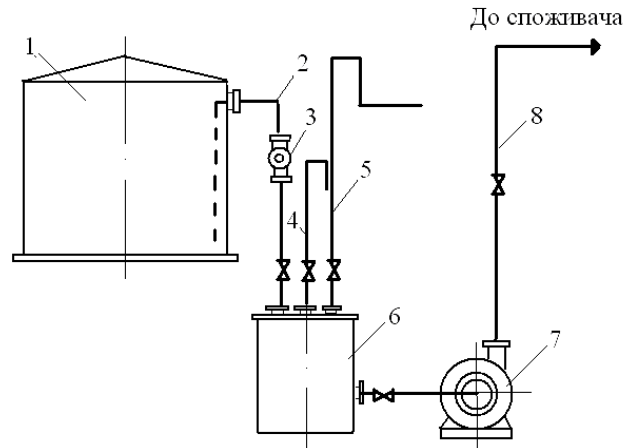


Рис. 1.24. Схема заповнення сифону рідиною за допомогою вакуум-насоса:

1 – резервуар; 2 – сифон; 3 – оглядовий ліхтар; 4 – зв’язок з атмосферою; 5 – вакуум-лінія; 6 – бурак; 7 – насос; 8 – нагнітальний трубопровід.

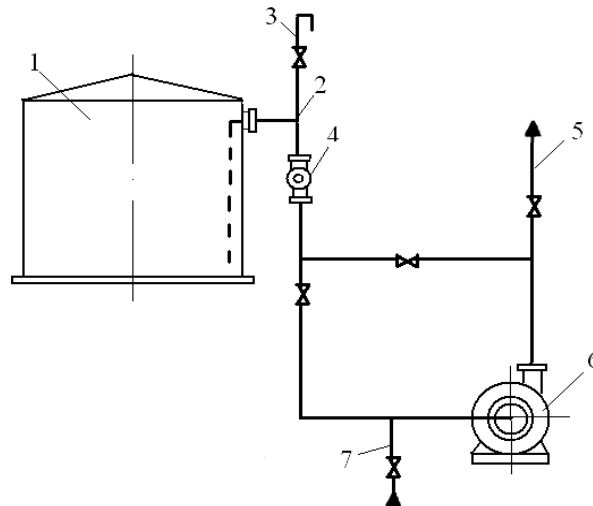


Рис. 1.25. Схема заповнення сифону рідиною за допомогою бурака:

1 – резервуар; 2 – сифон; 3 – зв’язок з атмосферою; 4 – оглядовий ліхтар; 5 – нагнітальний трубопровід; 6 – насос; 7 – всмоктуючий трубопровід.

Схема заповнення сифону за допомогою насоса показана на рис. 1.25. Рідина трубопроводом 7 надходить в насос 6 і по перемичці закачується в сифон 2 резервуару 1. Після заповнення сифону насос перемикається на злив рідини з резервуару по трубопроводу 5. Подібна система використовується, коли рідина в насос може надходити

самопливом (наприклад, при заповненні сифону кислотою, яка надходить з резервуара через його штуцер).

Треба відзначити, що даному способу заповнення сифона притаманні ті ж недоліки, що й при заповненні сифону рідиною за допомогою бурака.

**Розміщення резервуарів.** Резервуари для зріджених газів, незастигаючих і застигаючих рідин, в тому числі органічних та неорганічних кислот, лугів, спиртів і т. ін., рекомендується розташовувати на відкритих майданчиках. В цьому випадку відпадає необхідність у спорудженні складських будівель, їх опаленні, вентиляції, освітленні, а також покращуються умови проведення монтажних робіт, з'являється можливість для монтування резервуарного парку індустріальним методом.

Практика показує, що навіть суворі кліматичні умови, які вимагають додаткових економічних затрат на обігрів та теплоізоляцію резервуарів, не можуть стати на перешкоді розміщенню резервуарів на відкритих майданчиках.

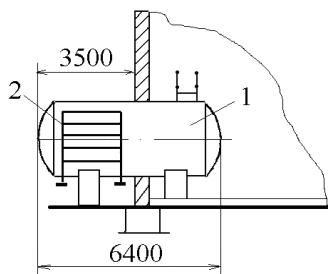


Рис. 1.26 Схема резервуара, розміщеного частково в приміщенні і частково на відкритому майданчику: 1 – резервуар; 2 – змійовик для обігріву.

В окремих випадках невеликі ємності для зберігання кислот з температурою застигання близькою до нуля частково розміщують в приміщеннях (рис. 1.26). Наприклад, при приготуванні моногідрату горизонтальні ємності для зберігання купоросного масла, олеуму та їх змішування розташовують так, щоб ті частини ємностей, які мають приймально-роздавальні штуцери, розташовувались в теплому приміщенні, а інші частини з обігрівом та ізоляцією – назовні.

**Склад контактної сульфатної кислоти технічної** (рис. 1.27) складається з резервуарного парку, тупикової залізничної колії з одним або декількома пристроями – стояками для одночасного опорожнення однієї або декількох цистерн, та внутрішньо-складських технологічних комунікацій.

Сульфатна кислота з цистерни 1 поступає через стояк 2, скомутований з вакуум-лінією 3, в один з насосів 12, за допомогою якого трубопроводом 10 може закачуватись через нижній штуцер в один з резервуарів 7, виготовлених з вуглецевої сталі, або спрямовується споживачеві трубопроводом 5. Оглядові ліхтарі 13 дозволяють спостерігати за рухом рідини в сифонах і своєчасно зупиняти їх зарядку.

Пари кислоти з резервуара перед викидом в атмосферу надходять по трубопроводу 6 у з'єднаний з вакуум-насосом бачок з розчином лугу 9, де й нейтралізуються. Нейтралізація парів кислоти сприяє захисту резервуарів від корозії. Необхідність утеплення і обігріву сховищ сульфатної кислоти



різних марок визначається температурою кристалізації продукту, який в них зберігається, та розрахунковою мінімальною температурою довкілля за місцем спорудження складу. Наприклад, температура кристалізації контактної сульфатної кислоти концентрацією 90,0; 93; 93,3; 93,3 % відповідно дорівнює:  $-25,6$ ;  $-35,05$  і  $-37,85$  °С. Температура кристалізації олеуму концентрацією 18; 19; 19; 20; 24 і 25 % відповідно:  $-6,9$ ;  $-14,4$ ;  $-11,0$ ;  $-4,6$ ;  $1,5$  і  $4,35$  °С.

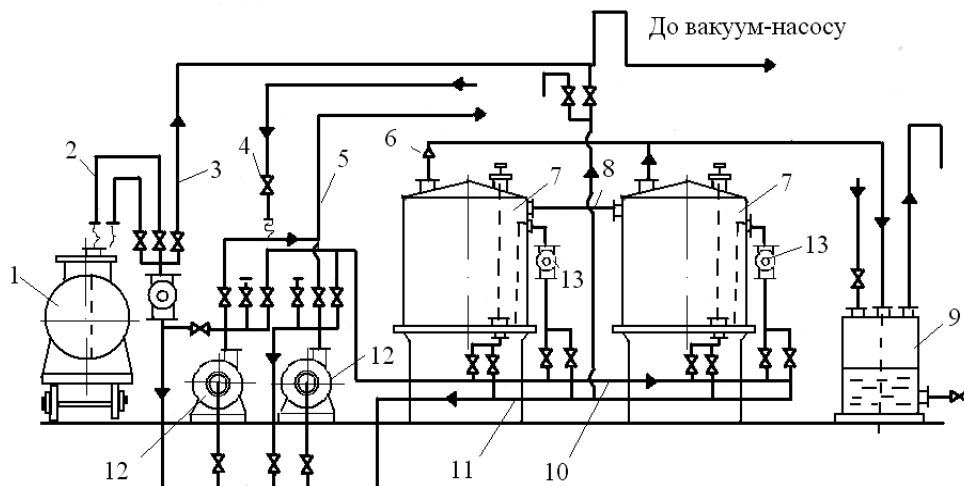


Рис. 1.27 Схема складу контактної сульфатної кислоти:

1 – залізнична цистерна; 2 – зливний стояк; 3 – вакуум-лінія; 4 – трубопровід для повітря або азоту; 5 – кислотопровід; 6 – трубопровід пароповітряної суміші; 7 – резервуари; 8 – переливна труба; 9 – бачок для розчину луку; 10 – напірний кислотопровід; 11 – всмоктуючий трубопровід; 12 – насоси; 13 – оглядові ліхтарі.

**Склад для зберігання олеуму** за будовою аналогічний до складу для зберігання контактної сульфатної кислоти. Олеум зберігають в резервуарах з вуглецевої сталі. Особливість його зберігання полягає в тому, що резервуари для зберігання повинні бути обладнані підігрівом. Підігрівачі виконуються у вигляді зовнішніх змійовиків, ізольованих і захищених кожухами.

Спосіб підігріву олеуму при зливі з цистерни залежить від її будови. Як правило, цистерни для транспортування олеуму обладнують паровими оболонками, в які, при необхідності, подають гарячу воду або пару. За відсутності парової оболонки підігрів проводять за допомогою теплообмінника типу «труба в трубі». Підігрів ведуть методом рециркуляції до температури, яка забезпечує транспортабельність олеуму і повне його зливання з цистерни.

**Склад для зберігання хлоридної кислоти** за принципом будови аналогічний до складу для зберігання сульфатної кислоти. Відповідно до ДСТів і ТУ промисловістю випускається декілька сортів хлоридної кислоти з концентрацією хлорогідрогену (в % мас.) від 19 до 38 %. У випадках, коли сховища для кислоти розташовані на відкритих площадках,

а кислота має концентрацію меншу, ніж 20 %, виникає необхідність підігріву кислоти, що зберігається, для уникнення її кристалізації (температура кристалізації кислоти з концентрацією 20,48 %:  $-52,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; з концентрацією 16,8 %:  $-32,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; з концентрацією 8,95 %:  $-11,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Підігрів ведуть за допомогою оболонок, або винесених антегмітових теплообмінників.

Хлоридна кислота є досить агресивною сировиною, тому для її зберігання використовують сталеві резервуари, футеровані кислотостійкою керамічною або антегмітовою плиткою. Плитку закріплюють на поверхні за допомогою замазок арзамит-4, арзамит-7 чи арзамит універсальний.

Для захисту від корозії ємності для зберігання кислоти інколи гумують. Оскільки температурний інтервал роботи гумованої апаратури коливається в межах від 2 до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температура доквілля навіть у південній кліматичній зоні може бути нижчою, ніж  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то гумовані резервуари для зберігання хлоридної кислоти розташовувати на відкритих майданчиках не рекомендується.

Об'єм і конструкція сталевих резервуарів в цілому визначається можливістю їх надійного антикорозійного захисту на тривалий час. Останніми роками на підприємствах хіміко-фармацевтичної промисловості успішно експлуатуються вертикальні резервуари для зберігання хлоридної кислоти об'ємом  $200\text{-}400\text{ м}^3$ .

Резервуари для зберігання хлоридної кислоти звичайно оснащуються вловлювачами хлорогідрогену 2 (рис. 1.28). Пари хлорогідрогену через повітряні трубопроводи 4 резервуарів для зберігання кислоти збираються в колекторі 5 і далі спрямовуються у вловлювач 2, де й поглинаються водою. Утворена розведена кислота стікає в каналізацію стічних вод. В промисловості найчастіше використовують хлоридну кислоту з концентрацією 31 і 27,5 % з температурою замерзання відповідно  $-48$  та  $-68\text{ }^{\circ}\text{C}$  і тому немає потреби в її підігріві при зберіганні і транспортуванні.

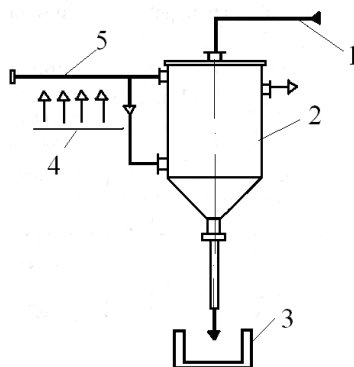


Рис. 1.28 Схема вловлювання парів хлоридної кислоти з повітряних трубопроводів резервуарів:

1 – водопровід; 2 – балон-вловлювач; 3 – каналізація; 4 – повітряний трубопровід; 5 – колектор стічних вод.

Якщо кислота надходить на склад в залізничних цистернах, то для її зберігання використовують резервуари об'ємом 50 або 100 м<sup>3</sup>. Кожний резервуар обладнується двома змійовиками і теплоізолюється. Загальна поверхня змійовиків 1,4 м<sup>2</sup> для резервуарів об'ємом 50 м<sup>3</sup> і 3,4 м<sup>2</sup> для резервуарів об'ємом 100 м<sup>3</sup>. Змійовики виготовляють з того ж матеріалу, що й резервуар.

**Схема складу ацетатної кислоти**, будова якого відповідає нормативним вимогам по збереженню легкозаймистих (ЛЗР) і горючих (ГР) продуктів, наведена на рис. 1.29.

Ацетатна кислота з цистерни 1 насосом 3 по трубопроводу 2 надходить в резервуар 6 або по трубопроводу 4 безпосередньо до споживача.

Для чистки складських трубопроводів і резервуарів, а також для дегазації цих комунікацій до них трубопроводом 5 підводиться повітря або інертний газ. Підключення трубопроводу 5 до складських трубопроводів – роз'ємне.

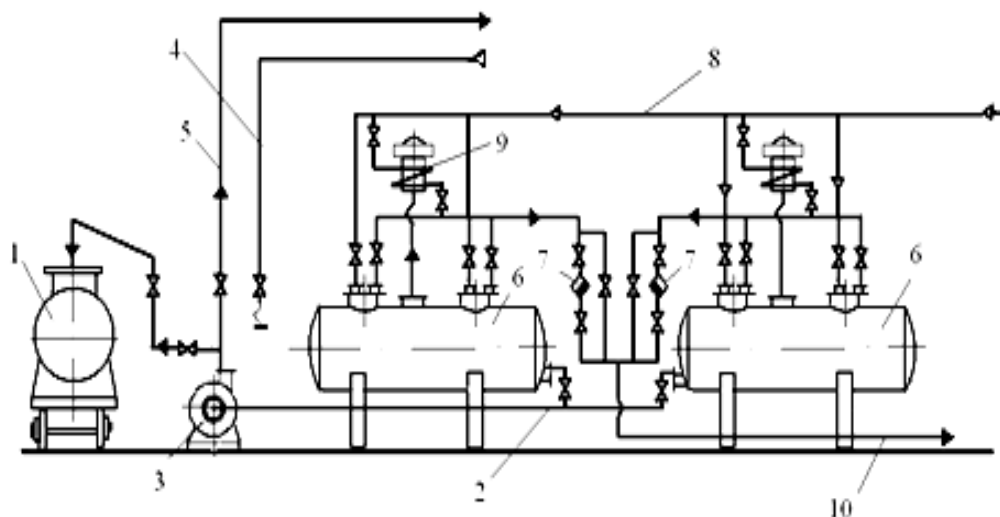


Рис. 1.29 Схема складу ацетатної кислоти:

1 – залізнична цистерна; 2 – колектор кислоти; 3 – насос; 4 – трубопровід інертного газу; 5 – трубопровід продукту до споживача; 6 – резервуари; 7 – конденсаційний горщик; 8 – паропровід; 9 – вогнезупинювач; 10 – конденсатопровід.

Резервуари сполучаються з атмосферою через вогнезупинювачі 9, які для запобігання застиганню в них парів продукту обігріваються паровими супутниками.

На складі ацетатної кислоти, яка надходить в залізничних цистернах, необхідно мати зливний стояк та вакуум-установку для зарядки стояка рідиною і повної очистки цистерни від продукту при зливі з цистерни.

**Склад для зберігання розчинів лугів.** До лужних розчинів відносять натрій гідроксид і аміачну воду. Розчин натрій гідроксиду випускається наступних марок: РР – розчин ртутний; РХ-1 і РХ-2 – розчин хімічний; РДУ, РД-1; РД-2 – розчин діафрагмовий.

Для приготування розчинів використовують технічний натрій гідроксид наступних марок: ТР – твердий ртутний (лускуватий); ТХ-1, ТХ-2 – твердий хімічний (плавлений і лускуватий); ТА – твердий.

На складах зазвичай зберігається натрій гідроксид концентрацією 42–50 % (каустик), температура кристалізації якого 10,0–13,5 °С. Тому резервуари потрібно обігрівати.

Резервуари для зберігання розчину натрій гідроксиду марки ТД виготовляються з вуглецевої сталі об'ємом до 1000 м<sup>3</sup>. В натрій гідроксиді марки ТД міститься до 3,5% мас. натрій хлориду. В процесі зберігання натрій хлорид кристалізується і випадає в осад. Для запобігання кристалізації передбачається зовнішній обігрів резервуарів.

Склад натрій гідроксиду оснащують відповідними комунікаціями і насосами для подачі води, повітря для продувки комунікацій, видалення розчину натрій хлориду, а також для циркуляції розчину з метою його донасичення і перекачування з одного резервуару в інший.

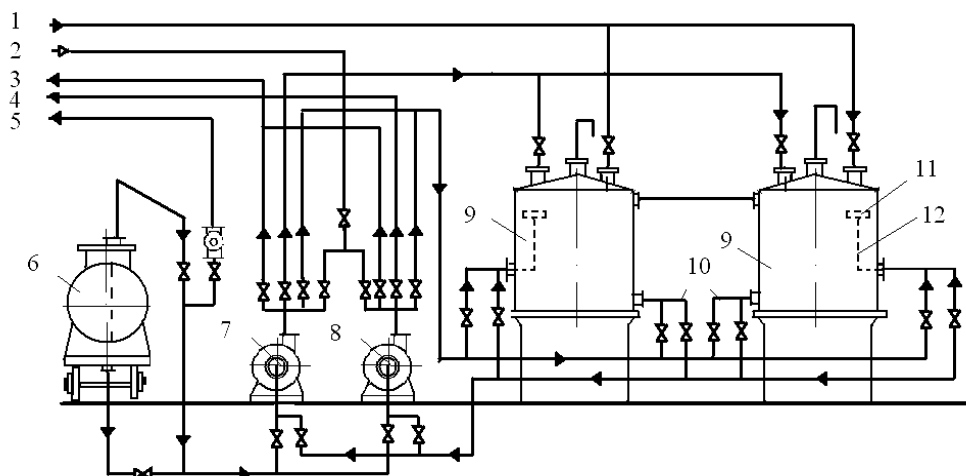


Рис. 1.30 Схема складу розчину діафрагмового натрій гідроксиду (каусту):

1 – трубопровід гарячої води; 2 – трубопровід стиснутого повітря; 3 – трубопровід продукту до споживача; 4 – трубопровід розчину; 5 – вакуум-лінія; 6 – залізнична цистерна; 7, 8 – насоси; 9 – резервуари; 10 – гребінка; 11 – поплавок; 12 – гнучкий шланг.

Схема складу розчину натрій гідроксиду наведена на рис. 1.30. Натрій гідроксид, що надходить на склад в залізничній цистерні 6, розігрівається до 25-35 °С і через нижній зливний пристрій спрямовується до одного з насосів 7 або 8. Один насос зазвичай використовують для перекачування розчину натрій гідроксиду, а другий для перекачування розчинів, що утворюються при очистці резервуарів від солі та їх промивці.

Продукт відповідними трубопроводами перекачується в один з резервуарів 9. До споживача продукт спрямовується трубопроводом 3. Гаряча вода надходить на склад трубопроводом 1, стиснуте повітря –

трубопроводом 2. Міжрезервуарне перекачування і циркуляцію розчину натрій хлориду проводять за допомогою насоса 7, скидання стоків в каналізацію – трубопроводом 4. Трубопроводом 5, з'єднаним з вакуум-лінією, здійснюють зарядку стояка для верхнього зливу продукту з цистерни.

Всередині резервуару 9 розміщено гнучкий шланг 12, кінець якого прикріплено до поплавка 11. За допомогою цього плаваючого приладу розчин лугу зливається, коли нагромаджений в резервуарі твердий осад натрій хлориду опиняється над нижнім приймально-роздавальним штуцером.

Резервуар для зберігання розчину натрій гідроксиду марки РР, в якому лімітується вміст заліза, захищають від корозії гумуванням або іншими засобами.

При підвищених температурах під впливом лужних розчинів відбувається руйнування металу резервуарів та комунікацій, виготовлених з вуглецевої або низьколегованої сталі типу 16ГС і 09Г2С. Для запобігання руйнуванню резервуарів і комунікацій, які контактують з лужними розчинами, необхідно передбачати умови, які виключають нагрівання розчинів до температури 50 °С.

**Аміачна вода** постачається на хіміко-фармацевтичні підприємства з вмістом аміаку від 20 до 27 %. За вибухо- і пожежонебезпечністю вона відноситься до легкозаймистих рідин.

Температура замерзання аміачної води знаходиться в межах від –30 (для концентрації 18 %) до –56 °С (для 25 %), тому резервуари для її зберігання не потребують обігріву та теплоізоляції. Вони виготовляються з вуглецевої сталі, а арматура і трубопроводи – з металів, що містять мідь та її сплави.

**Склад для зберігання етилового спирту.** Етиловий спирт відноситься до легкозаймистих рідин з температурою спалаху парів 13 °С.

При надходженні спирту вимірюють його об'єм, для чого використовують мірники першого класу точності об'ємом від 0,5 до 50000 л, з похибкою вимірювання  $\pm 0,2$  %. Об'єм спирту вимірюють при 20 °С. Якщо температура відрізняється від 20 °С, треба ввести поправку на теплове розширення чи звуження стінок мірника.

Найчастіше використовують циліндричні і конічні мірники. Мірники розташовують таким чином, щоби забезпечувалось повне зливання спирту самопливом. Для прийому і видачі конкретної кількості спирту необхідно до комплекту технічних мірників підібрати декілька мірників меншого об'єму.

Приймання спирту доцільно вести через два мірники (рис. 1.31) з таким розрахунком, щоби при зливанні з одного мірника інший в цей час наповнювався. Зв'язок мірників з атмосферою повинен бути спільним.

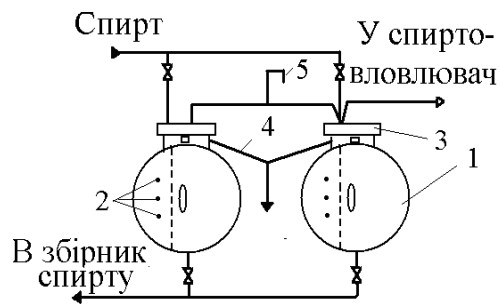


Рис. 1.31. Схема приймання спирту через два мірники:

1 – мірник для спирту; 2 – пробовідбірний кран; 3 – зв'язок з атмосферою; 4 – кріплення шланга до штуцера люка; 5 – переливна труба; 5 – шланг комунікацій спиртовловлювача.

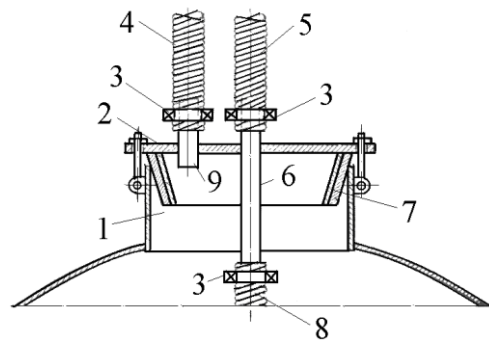


Рис. 1.32. Схема герметизації люка цистерни для перевезення спирту:

1 – горловина люка цистерни; 2 – спеціальна кришка люка; 3 – хомути для зв'язку з атмосферою; 4 – кріплення шланга до штуцера люка; 5 – шланг комунікацій спиртовловлювача; 6 – патрубок в кришці люка для приєднання шлангів до стояка; 7 – гумова обкладка кришки; 8 – шланг наливного стояка; 9 – штуцер.

Для запобігання втрат продукту при заповненні мірників і залізничних цистерн пари спирту спрямовуються у спиртовловлювач. Вловлювання парів спирту з цистерни в момент її наповнення досягається лише при повній герметизації. На рис. 1.32 показано герметизацію люка цистерни. Люк щільно закривається спеціальною кришкою 2, закріпленою на металевому патрубку 6, до якого згори і знизу кріпляться два відрізки 5 і 8 шлангу наливного стояка. Конічний обідок кришки покривають шаром гуми 7, за допомогою якого усувається нещільність між горловиною люка 1 та кришкою 2.

До штуцера 9 кришки за допомогою хомута 3 кріпиться шланг 4, який з'єднує цистерну із спиртовловлювачем, куди надходять пари спирту.

Спиртовловлювач – це є промивна колона. Пари, що надходять в колону, розчиняються у воді, яка циркулює в замкнутому циклі, до утворення розчину спирту.

Спирт із залізничної цистерни 1 (рис. 1.33) через стояк 2 і насос 3 спрямовується в технічні мірники 4 і 6. Після визначення об'єму і температури та відбору проби спирт насосом 3 перекачується в один із складських резервуарів 7. Контрольний мірник 5 використовують для контрольної перевірки місткості технічних мірників 4 і 6.

До споживача спирт надходить також через мірники, звідкіля він перекачується за призначенням або наливається в тару, розміщену на транспортних засобах.

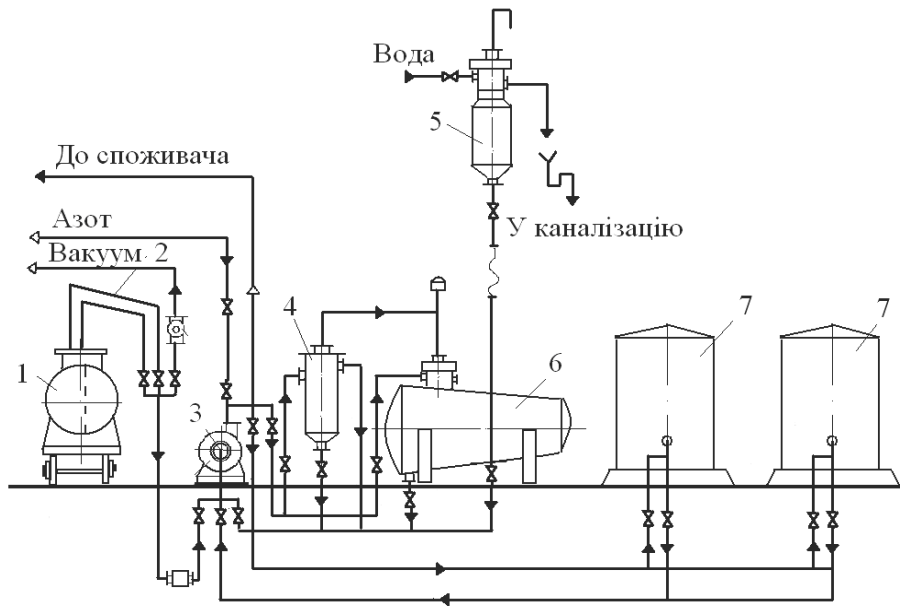


Рис. 1.33 Схема складу етилового спирту:

1 – залізнична цистерна; 2 – стояк зливний; 3 – насос; 4, 6 – технічні мірники; 5 – контрольний мірник; 7 – резервуар.

**Склад для зберігання метилового спирту.** Будова і експлуатація складів для зберігання метанолу здійснюється за нормативними документами з влаштування складів для ЛЗР і ГР та «Загальних санітарних правил по зберіганню і застосуванню метанолу». Схема витратного складу метилового спирту, по суті, не відрізняється від витратного складу етилового спирту, але має певні особливості, спрямовані на виключення можливості доступу сторонніх осіб до метанолу і отруєння ним.

Деякі з них перелічені нижче:

- склад повинен мати огороження з колючого дроту, оснащене засобами сигналізації, і цілодобово охоронятися; вхідні двері на склад в позаробочий час повинні замикатись і пломбуватись;

- метанол, який відпускається споживачеві, для надання йому неприємного запаху і кольору повинен містити етилмеркаптан в кількості 1 л на 1000 л спирту, хімічне чорнило темного кольору в кількості 2-3 л на 1000 л спирту та 1 % гасу (для тих галузей промисловості, де за технологією виробничих процесів це не є протипоказаним);

- на складах метанолу ємнісне обладнання, трубопроводи і шланги повинні використовуватись виключно для цієї рідини; використання їх для інших цілей категорично забороняється;

- трубопроводи не повинні мати заглиблень та вм'ятин, котрі перешкоджають самопливному опорожненню при ремонті;

- ремонт і огляд ємнісного обладнання та трубопроводів складів слід проводити після їх опорожнення і ретельного пропарювання великою кількістю води; перед початком ремонтних робіт обов'язково аналізують повітряне середовище приміщень та резервуарів на наявність парів і залишків метанолу.

- на резервуарах для зберігання метанолу повинно бути нанесено незмивною фарбою запобіжний напис «Отрута. Пожежонебезпечно»;
- цистерни, резервуари і трубопроводи після опорожнення від метанолу повинні бути негайно промиті великою кількістю води.

За умов зберігання на складі одночасно метанолу та інших ЛЗР і ГР рекомендується:

- резервуарний парк для метанолу обов'язково обгородити; вхідні двері в резервуарний парк в неробочий час повинні обов'язково замикатись і пломбуватись;
- насоси для метанолу, що розташовані в приміщенні загального насосного складу, обнести металеву огорожею (до стелі приміщення); двері в загорожу повинні замикатись та пломбуватись;
- резервуарний парк і насосну забезпечити засобами сигналізації і цілодобово охороняти;
- злив метанолу з цистерн проводити на окремому залізничному тупику складу; у виняткових випадках допускається злив метанолу на загальному зливно-наливному фронті в присутності відповідної охорони. Під час зливу метанолу і підготовці цистерн до повернення вантажовідправнику забороняється проводити будь-які роботи на зливно-наливному фронті складу.

**Склад для зберігання застигаючої рідини.** Схему приймання і зберігання застигаючої рідини з залізничної цистерни або із знімного контейнера наведено на рис. 1.34.

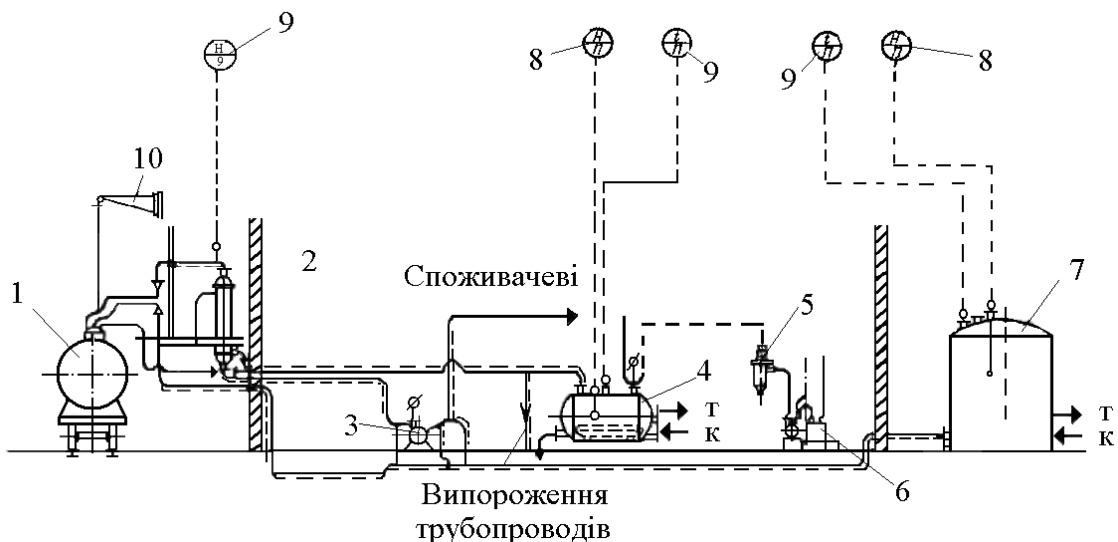


Рис. 1.34 Схema приймання і зберігання застигаючої рідини:

1 – цистерна (контейнер); 2 – теплообмінник; 3 – відцентровий насос; 4 – проміжна ємність; 5 – вакуум-вловлювач; 6 – воднокільцевий вакуум-насос; 7 – складська ємність; 8 – рівнеміри; 9 – термопари; 10 – механізм для встановлення трубопроводів в люк цистерни; т – теплоносій; к – конденсат.



При невеликих витратах застигаючої рідини контейнер може бути знятий з автомашини і встановлений в цеху. При цьому відпадає потреба в ємності 4 і насосі 3, а лінія 2 приєднується безпосередньо до складської ємності 7.

#### **1.2.4.7 Заклучні операції виробництва активних фармацевтичних інгредієнтів**

Якість активних фармацевтичних інгредієнтів зумовлюється не лише їхньою хімічною будовою, але й їх фізичним станом – розміром частинок, ступенем гідратації, змочуваністю тощо. У зв'язку з цим велике значення мають заклучні операції виробництва – фізико-хімічні і фізико-механічні процеси, яких зазнають продукти після завершення процесів їх синтезу.

**Виділення і промивання.** В момент закінчення останньої стадії синтезу активний фармацевтичний інгредієнт звичайно знаходиться у вигляді розчину, суспензії, в середовищі водного або неводного розчинника, твердого або розм'якшеного плаву. В такому стані продукт хімічних перетворень містить різні органічні і неорганічні домішки, присутність яких так чи інакше впливає на його якість. Тому першою заклучною операцією виробництва активного фармацевтичного інгредієнту є виділення їх з розчину, суспензії або твердого плаву в такому стані, який забезпечував би, з одного боку, їхні сприятливі властивості в процесі самого виділення (наприклад, легкість фільтрації, центрифугування, промивки), а з іншого – зручність майбутнього використання та високу якість.

Процес виділення продукту з розчину, як правило, здійснюється висолуванням або підкисленням. В обох випадках процес проводиться в сталевих емальованих або футерованих апаратах, оснащених тихохідними рамними мішалками і оболонками для охолодження розчину.

Осаджений тим чи іншим способом продукт відділяється від маточника фільтруванням або центрифугуванням.

Розробка і точне дотримання режиму виділення і промивки, фільтрації та інших операцій є найвідповідальнішим завданням технології активних фармацевтичних інгредієнтів.

**Сушіння.** Велике значення для якості активних фармацевтичних інгредієнтів має режим сушіння. В процесі сушіння можлива зміна не тільки фізико-хімічних властивостей речовини, але й її хімічної будови. Тому сушіння часто проводять при відносно невисоких температурах, у вакуумі, в потоці інертного газу тощо.

В малотоннажних виробництвах активних фармацевтичних інгредієнтів із змінним асортиментом продукції, яка випускається, для сушіння речовини використовують сушильні шафи періодичної дії, барабанні гребкові вакуум-сушарки, пневмосушарки, сушарки з псевдозрідженим шаром, розпилюючі і стрічкові сушарки.

**Подрібнення.** Легкість переведення активних фармацевтичних інгредієнтів в розчин, якість фармацевтичних препаратів та інші властивості готової продукції значною мірою зумовлені ступенем їх подрібнення. Останнє відчутно залежить від правильного вибору подрібнюючого апарату. Як подрібнювачі використовують дезінтегратори, дисмембратори, кулькові, колоїдні, струменеві та інші машини.

#### **1.2.4.8 Пакування готової продукції**

Питання, пов'язані з пакуванням готової продукції, розробляють в ході проектування з урахуванням технічних умов і стандартів на тару і упаковку. Схеми упаковки готової продукції повинні бути орієнтовані на пряму доставку її споживачеві і залежать від способу механізації перевезень.

Масові багатотоннажні продукти відправляють в цистернах, контейнерах, вагонах. Для полегшення обліку вантажів, що поступають і відправляються, і спрощення розрахунків між постачальниками і *споживачами* однотипні штучні вантажі повинні бути, як правило, однакової маси, повинні мати однакову концентрацію основної речовини.

Рідкі продукти, вироблювані підприємствами хімічної і хіміко-фармацевтичної промисловості у великих кількостях, відправляють в залізничних цистернах. Способи їх наповнення не відрізняються від способів прийому рідкої сировини.

Штучну тару для рідин підрозділяють на дрібну (5-10 л) і середню (10-50 л), придатну для ручного перенесення одним або двома робітниками, а також крупну тару ємністю 200-400 л (бочки) і більше (контейнери). Останню забезпечують пристосуванням для пересування за допомогою підлогового транспортера або електроталів.

У фармацевтичній промисловості широко використовують різноманітні механізми для розливання рідких продуктів в дрібну тару.

Бочки і контейнери заповнюють зазвичай з вагових або об'ємних мірників, об'єм рідини в яких (від штуцера спорожнення до нижньої точки переливної труби) повинен відповідати необхідному завантаженню тари. Вагові мірники встановлюють на вагах і сполучають з комунікаціями гнучким шлангом; об'ємні мірники для забезпечення постійної маси завантаженої рідини встановлюють в приміщенні. Бочки і контейнери за допомогою авто- і електронавантажувачів, підвозять, а після заповнення відвозять на склад або у вагон.

Окрім мірників застосовують автоматизоване зважування на вагах з контактним пристроєм; при цьому кран на лінії заповнення закривається досягши заданої брутто-ваги.

Заповнення тари без застосування механізмів включає установку порожньої тари на ваги, заповнення до певної брутто-ваги, загвинчування пробки, зняття заповненої тари з вагів. Чиста тара зазвичай подається на

склад на піддонах навантажувачами, які використовують для евакуації заповненої тари (роликові конвеєри).

При наливанні легкозаймистих рідин патрубків для заповнення барабанів опускається до днища (під рівень рідини).

Практично встановлено, що ускладнення операцій упаковки і затарювання (автоматичне закривання пробок на барабанах, попереднє зважування тари з передачею сигналу пристрою для наповнення, застосування конвеєрів для пересування порожньої і заповненої тари та ін.) доцільно при продуктивності 10-25 тис. т продукту за рік. Застосування повністю автоматизованих ліній з дистанційним управлінням виправдане, коли розфасовуються сильнодіючі отруйні речовини, з якими контакт робітників, що працюють, категорично заборонений.

**Тверда сировина і готова продукція** повинні випускатися у формах, зручних для механізації завантажувально-розвантажувальних робіт (у вигляді гранул, лусок, порошків), і повинні бути підготовлені до розфасовки.

Тверді активні фармацевтичні інгредієнти упаковують в багатошарові крафт-целюлозні або гумові мішки, дерев'яні сухотарні бочки, фанерні барабани (у яких вставляють поліетиленові або паперові мішки), пластмасові барабани. Для перевезення твердих продуктів зручні м'які контейнери, що складаються. Вартість перевезення 1 т порошкоподібних речовин (наприклад, кальцинованої соди) в контейнерах, що складаються, на відстані від 50 до 1800 км менше вартості перевезення сипких продуктів в паперовій тарі. Оболонку контейнерів виконують з капрону або гуми, стійкої до дії атмосфери і температури в межах від плюс 80 до мінус 40°C.

Фасування будь-яких сухих продуктів супроводжується видаленням пилу, тому місцеве вентиляційне відсмоктування повітря від фасувальних агрегатів відноситься до технологічних операцій. Для пристрою місцевих відсмоктувань на барабан надягають кожух з приєднаними вентиляційними патрубками, пов'язаними з системою витяжної вентиляції, або поміщають ваги і барабан (або мішок) в спеціальну вентилявану кабінку. У обох випадках з повітря, що видаляється, уловлюють пил продукту, наприклад, за допомогою рукавних фільтрів або ж направляють потік запиленого повітря в скрубери.

Промисловість випускає форми порошків, які не пилять. Вони отримуються при використанні спеціальних змочувачів або спеціальних сушарок з гранулюванням.

При заповненні барабанів і мішків, використовують тарілчасті, секторні, шнекові живильники, що подають тверді сухі продукти з бункерів, в які вони поступають із стадій помелу, змішування, таблетування, гранулювання (залежно від хіміко-фармацевтичного процесу). Відмірювання потрібної порції продукту проводиться на звичайних вагах або на вагах з контактним пристроєм тензорні ваги, що

вимикає привід живильника після досягнення заданої маси твердої речовини.

#### 1.2.4.9 Аналіз вихідних даних

Основною задачею аналізу вихідних даних є перевірка обґрунтованості рекомендованого методу виробництва. Як вже відмічалось раніше, один і той же продукт може бути синтезований різними методами із різної вихідної сировини. Часто у хіміко-фармацевтичній промисловості витрати на сировину складають значну частку виробничих витрат, тому вирішальним фактором при виборі методу є ціни на сировину.

Вибираючи технологію, необхідно ставити на передній план такі обмежувальні параметри, як, наприклад, застосування у технології шкідливих речовин. Токсичні властивості нових видів сировини повинні бути досліджені спеціалізованими лабораторіями. Крім того, при виборі технології необхідно користуватися діючими правилами і нормами по техніці безпеки і охороні навколишнього середовища.

При співставленні з технологічної точки зору безперервного і періодичного методів одержання продукту, виробництво якого передбачається способом, що проектується, необхідно виділити наступне:

- для безперервних процесів потрібні поставки сировини з фізико-хімічними властивостями, які від партії до партії майже не змінюються;
- вони забезпечують належний контроль виробництва з автоматичною підтримкою необхідних параметрів процесу та належну і безперебійну роботу устаткування;
- для періодичних процесів характерний коопераційний контроль, вимоги до якого повинні бути високими для забезпечення заданої якості продукту;
- безперервні виробництва у більшості випадків мають значні переваги перед періодичними: можливість регулювання параметрів процесу і повної його автоматизації; стабілізацію процесу у часі, а звідси – постійну якість продукту; можливість поетапної спеціалізації апаратури;
- безперервні схеми, як правило, передбачаються для багато- і середньотоннажних виробництв, а періодичні – для малотоннажних багатостадійних виробництв, для яких характерною є суттєва зміна фізико-механічних властивостей операційних мас на різних стадіях процесу.

При виборі технології хіміко-фармацевтичного виробництва цільового продукту

- вивчають різні методи одержання цільового продукту;
- оцінюють новітні результати досліджень по удосконаленню технології виробництва;
- аналізують регламенти діючих і дослідних виробництв-аналогів;
- перевіряють норми витрати сировини, допоміжних матеріалів, рекомендації по вибору конструкційних матеріалів для виготовлення обладнання.

При розгляданні базового регламенту проектувальник визначає шляхи удосконалення деяких технологічних вузлів з урахуванням останніх досягнень науки і техніки.

Одним з таких напрямків є пошук і розробка методів інтенсифікації технологічних процесів, що дає можливість підвищити потужність устаткування при зменшенні його габаритів, металоємності, ціни і відповідним скороченням виробничих площ і зменшенні експлуатаційних витрат. Крім того, такий пошук часто приводить до підвищення селективності хіміко-фармацевтичних процесів, підвищенню якості продукції, зниженню енергетичних витрат.

Існує багато методів інтенсифікації технологічних процесів, які умовно поділяють на дві групи: системну, коли до установки підходять як до єдиного цілого, і декомпозиційну, за якою виявляють лімітуючі стадії процесу і по ній ведуть розрахунки.

Під інтенсивністю ( $i$ ) любого технологічного об'єкта розуміють відношення його кількісної характеристики до його основної характеристики. Наприклад, для реактора – це може бути відношення кількості перенесеного тепла ( $Q$ ) до його поверхні теплообміну ( $F$ ):

$$i = \frac{Q}{F \cdot \tau} = \frac{K_2 F \tau \Delta T_{\text{ср}}}{F \cdot \tau} = K_2 \Delta T_{\text{ср}}$$

при застосуванні пари

$$i = K_2 \frac{\Delta T_{\delta} - \Delta T_{\text{н}}}{2,3lg \frac{\Delta T_{\delta}}{\Delta T_{\text{н}}}} = \frac{\Delta T_{\delta} - \Delta T_{\text{н}}}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \Sigma \frac{\lambda_i}{\alpha_i}\right) 2,3lg \frac{\Delta T_{\delta}}{\Delta T_{\text{н}}}}$$

де  $F$  – поверхня теплообміну,  $\text{м}^2$ ;  $K_2$  – коефіцієнт теплопередачі,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ;  $\tau$  – тривалість,  $\text{с}$ ;  $\Delta T_{\text{ср}}$  – середньологарифмічна різниця температур;  $\Delta T_{\delta}$  і  $\Delta T_{\text{н}}$  – більша і менша різниця температур теплоносія,  $\alpha_1$  та  $\alpha_2$  – коефіцієнти тепловіддачі,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ;  $\delta_i$  – товщина стінки апарата і відкладень на ньому,  $\text{м}$ ;  $\alpha_i$  – теплопровідність стінки і відкладень,  $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ .

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЕКТ ХІМІКО-ФАРМАЦЕВТИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Підставою для підготовки проекту є завдання на проектування, підготовлене на стадіях передпроектної підготовки і затверджене замовником.

На стадії підготовки проекту вирішуються усі основні технологічні, технічні, техніко-економічні питання, розробляється принципова технологічна схема виробництва, підбирається устаткування, здійснюється його розташування поверхами, вирішується питання енергопостачання, автоматизації і механізації виробництва, складаються кошториси і замовні специфікації на відповідне устаткування.

#### 2.1 Склад проекту

Склад проекту визначається інструкцією на створення проекту і повинен мати наступні розділи:

- загальна пояснювальна записка;
- ситуаційний і генеральний плани, транспорт;
- технологічні рішення;
- управління виробництвом, підприємством і організація умов і охорони праці робітників;
- архітектурно-будівельні рішення;
- інженерне устаткування, мережі і системи;
- організація виробництва;
- охорона навколишнього середовища;
- інженерно-технічні заходи цивільної оборони, заходи по запобіганню надзвичайних ситуацій;
- кошторисна документація;
- ефективність інвестицій.

#### Загальна пояснювальна записка містить:

- підстави щодо розробки проекту;
- вихідні дані на проектування;
- коротку характеристику підприємства і виробництв, що входять до його складу.
- дані щодо потужності, що закладена до проектування; номенклатури і якості, конкурентоспроможності; технологічного рівня продукції, сировинної бази; потреби у палеві, воді, тепловій і електричній енергії; комплексного використання сировини, відходів виробництва, вторинних енергоресурсів.
- відомості щодо соціально-економічних і екологічних умов району будівництва;

- основні показники по генеральному плану, інженерним мережам і комунікаціям, по інженерному захисту і території;
- загальні умови, що характеризують умови і охорону праці робітників; санітарно-епідеміологічні заходи;
- відомості про винаходи, що залучені при проектуванні;
- техніко-економічні показники, одержані при розробці проекту, їх співставлення з показниками затвердженого обґрунтування інвестицій у будівництво об'єкту і встановленими завданнями на проектування;
- відомості щодо проведених узгоджень проектних рішень; підтверджені відповідності розробленої проектної документації державним нормам, правилам, стандартам, вихідним даним, а також технічним умовам і вимогам, що видані органами державного нагляду, і організаціями, що мають інтерес до проекту виробництва, щодо погодження місця розташування об'єкта (площадки будівництва).

**Ситуаційний і генеральний плани, транспорт.** У розділі наводиться: коротка характеристика району і площадки будівництва проектуемого підприємства, рішення і показники по ситуаційному і генеральному планам (з урахуванням зонування території), внутрішньо майданчиковому і зовнішньому транспорті, вибір виду транспорту, основні планувальні рішення, заходи щодо благоустрою території, рішення по розташуванню інженерних мереж і комунікацій; організація охорони підприємства

Даний розділ містить креслення:

- ситуаційний план розміщення підприємства, будівлі, споруди з вказівкою на ньому існуючих і проектуємих зовнішніх комунікацій, інженерних мереж і підсобних територій, границі санітарно-захисної зони, особо охороняємої території, надається план трас, а при необхідності – подовжений профіль трас;
- картограму земельних мас;
- генеральний план, на який наносяться існуючі і проектуємі і ті, що підлягають зносу, будівлі і споруди, об'єкти охорони навколишнього середовища і благоустрою, озеленення території, принципові рішення щодо розташування внутрішньо майданчикових інженерних ліній і транспортних комунікацій, планування відмітки території. Виділяються об'єкти, мережі і транспортні комунікації, що входять у пускові комплекси.

**Технологічні рішення містять:**

- дані щодо виробничої програми;
- характеристику і обґрунтування рішень по технології виробництва;
- дані щодо трудомісткості виготовлення продукції, механізації і автоматизації хіміко-фармацевтичних процесів;
- склад і обґрунтування технологічного обладнання, що рекомендується для застосування;
- рішення щодо використання маловідходних технологічних процесів і виробництв та вторинного застосування ресурсів;

- пропозиції щодо організації контролю якості продукції;
- рішення щодо організації ремонтного господарства;
- дані щодо кількості і складу шкідливих відходів виробництва і викидів їх у навколишнє середовище по окремих цехах, виробництвах і спорудах;
- технічні рішення щодо запобігання (скорочення) викидів шкідливих відходів виробництва у навколишнє середовище; оцінка можливості виникнення аварійних ситуацій і рішення щодо їх запобігання;
- вид, склад і об'єм відходів виробництва, що повинні підлягати утилізації і захороненню;
- паливно-енергетичний і матеріальний баланси технологічних процесів;
- потреба в основних видах ресурсів для технологічних потреб.

**Основні креслення для цього підрозділу:**

- принципова технологічна схема виробництва;
- компоновочні креслення (плани і розрізи) по цехах;
- функціональні і принципіві схеми КППіА технологічних процесів і енергозбереження технологічного устаткування;
- схеми вантажопотоків.

**Управління виробництвом, підприємством і організація умов і охорони праці робітників.** Розділ виконується за нормативними документами. В ньому розглядається організаційна структура керування підприємством і окремими виробництвами, автоматизована система керування; автоматизація і механізація праці робітників управління, чисельний і професійно-кваліфікований склад працівників; число і оснащеність робочих місць, санітарно-гігієнічні умови праці робітників; заходи з охорони праці і техніки безпеки тощо.

**Архітектурно-будівельні рішення.** У розділі наведено відомості щодо інженерно-геологічних, гідрогеологічних умов площадки будівництва. Дається скорочений опис і обґрунтування архітектурно-будівельних рішень щодо зниження шумів і вібрацій; побутовому, санітарному обслуговуванню трудящих. Розділ також містить заходи щодо електро-, вибухо- і пожежонебезпеки, захисту будівельних конструкцій, мереж і споруд від корозії.

**Основні креслення:** плани, розрізи і фасади основних будівель і споруд зі схематичним зображенням основних конструкцій, що несуть і огорожують.

**Інженерне устаткування, мережі і системи.** Розділ містить рішення з водопостачання, каналізації, тепlopостачання, газопостачання, електропостачання, опалення, вентиляції і кондиціонування повітря. Приведено інженерне обладнання будівель і споруд, у тому числі: електрообладнання; зв'язок і сигналізація, радіофікація і телебачення; протипожежні пристрої і блискавкозахист; диспетчеризація і автоматизація управління інженерними мережами.



**Основні креслення:** плани і схеми теплозабезпечення, електрозабезпечення, газозабезпечення, водопостачання і каналізації і т. ін.; плани і профілі інженерних мереж; креслення основних споруд; плани і схеми внутрішньоцехових опалювально-вентиляційних пристроїв, електропостачання і електрообладнання, радіофікації і сигналізації, автоматизації керування інженерними мережами і ін.

**Організація будівництва.** Розділ розробляється у відповідності до СНіП «Організація будівельного виробництва» з урахуванням умов і вимог, що викладені у договорі на виконання проектних робіт, і даних щодо ринку будівельних послуг.

**Охорона навколишнього середовища.** Розділ виконується за державними стандартами, будівельними нормами і правилами, нормативними документами, що регулюють природоохоронну діяльність.

**Інженерно-технічні заходи цивільної оборони по запобіганню надзвичайних ситуацій.** Виконують за нормами і правилами в області цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного і надзвичайного характеру.

**Кошторисна документація** складається за положеннями і формами, які приводяться у нормативно-методичних документах відповідного міністерства, і є базовим документом для визначення ціни будівництва підприємств, будівель чи споруд. Цей документ містить:

- зведені кошторисні розрахунки вартості будівництва;
- об'єктні і локальні кошторисні розрахунки;
- кошторисні розрахунки на окремі види витрат (у тому числі на проектні і дослідницькі роботи).

**Ефективність інвестицій.** Розділ готується з залученням кількісних і якісних показників, одержаних при розробці відповідних частин проекту. В розділі проводяться співставлення узагальнених даних і результатів розрахунків з основними техніко-економічними показниками, що визначені в складі обґрунтування інвестицій у будівництво даного об'єкту. Наближений перелік техніко-економічних показників наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Наближений перелік техніко-економічних показників для виробництва

Найменування показників	Одиниця вимірювання
Потужність виробництва, річний випуск продукції: - у вартісному вираженні; - у натуральному вираженні	тис. грн. у відповідній одиниці
Загальна площа ділянки	га
Коефіцієнт забудівлі	відповідна одиниця
Загальна чисельність працюючих	чол.

Найменування показників	Одиниця вимірювання
Питомі витрати на одиницю потужності - електроенергії; - води; - природного газу; - вугілля; - мазуту	кВт м <sup>3</sup> тис. м <sup>3</sup> т т
Питомі капітальні вкладення	грн./од. потужності
Термін будівництва	місяців
Вартість основних виробничих фондів	тис. грн.
Собівартість продукції	тис. грн./од.
Балансовий (валовий) прибуток	тис. грн.
Чистий прибуток	тис. грн.
Рівень рентабельності виробництва	%
Внутрішня норма прибутку	%
Строк окупності	років
Строк погашення кредитів та інших займаних коштів	років

## 2.2 Розробка ситуативного і генерального планів, транспорт

Ситуативний і генеральний плани є важливою складовою проекту хіміко-фармацевтичного підприємства, в якій міститься комплексне рішення питань планування і благоустрою території, розміщення будівель і споруд, інженерних мереж, організації систем господарського і побутового обслуговування.

### 2.2.1 Ситуативний план

Хіміко-фармацевтичного підприємства – це частина проекту, яка включає в себе план певної частини району населеного пункту або навколишньої території, на якому вказують розташування, підприємства, що проектується та інші об'єкти, які мають з ним безпосередні технологічні, транспортні та інженерно-технічні зв'язки.

При розробці ситуативного плану прагнуть до створення єдиного промислового вузла. Ситуативний план розробляється в масштабі 1:5000, 1:10000 і 1:25500. Приклад ситуативного плану наведено на рис. 2.1.

Показані на плані об'єкти входять до єдиної системи енерго- та водопостачання і зв'язані транспортними комунікаціями. Комбінати можуть кооперувати між собою постачанням напівпродуктів, наявністю загальної системи каналізації і водопостачання, зручної транспортної

системи зв'язку підприємств з житловими кварталами міста і залізницею. В ситуативний план також входять ТЕЦ, водозабірні споруди та санітарні зони.

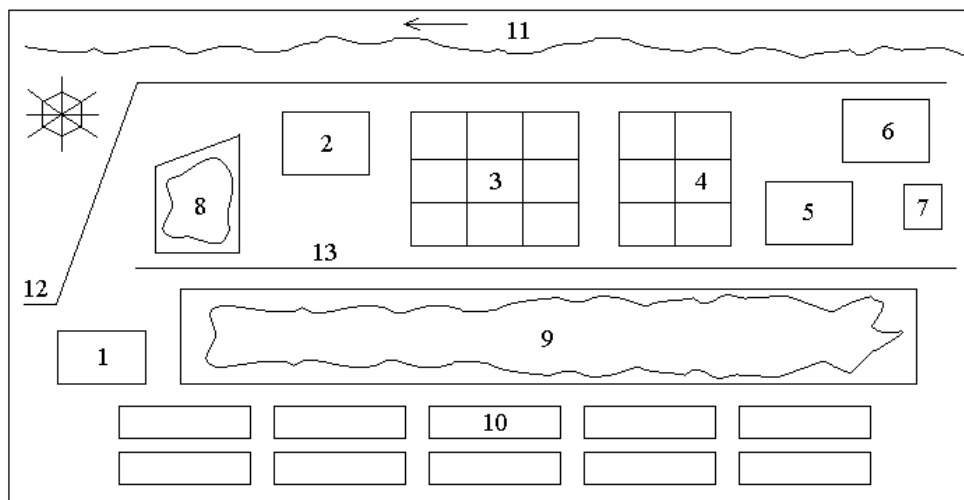


Рис. 2.1 Ситуативний план

1 – пасажирський залізничний вокзал; 2 – товарна залізнична станція і склади сировини; 3 – комбінат по виробництву органічних напівпродуктів; 4 – комбінат по виробництву лікарських субстанцій; 5 – ТЕЦ; 6 – очисні споруди; 7 – водозабірний вузол; 8, 9 – санітарно-захисна зона; 10 – квартали міста; 11 – річка; 12 – залізниця; 13 – автомобільна дорога.

При розробці ситуативного плану необхідно комплексно вирішувати питання:

- кооперації всіх вузлів промислового вузла;
- раціонального і економного використання земельної площі;
- розробки загальної схеми водопостачання, каналізації, очистки стічних вод і газових викидів;
- пошуку оптимальних транспортних зв'язків підприємства з місцями проживання робітників;
- можливість примикання проектуємих залізничних мереж і автомобільних доріг до існуючих.

Для зменшення загазованості газовими викидами житлові масиви розташовують з підвітряного боку, тобто з урахуванням переважного напрямку вітрів, який визначають по середній розі вітрів літнього періоду (рис. 2.3; 2.4).

## 2.2.2 Генеральний план хіміко-фармацевтичних підприємств

Проектують на основі завдань і з урахуванням вимог СНіП.

При розробці генерального плану для технічного проекту слід запроектувати:

- ситуативний план розміщення підприємства в масштабі М 1:5000 до М 1:25000;
- план промислового майданчика в М 1:1000; 1:2000; 1:5000;
- схему суміщених інженерних мереж і комунікацій в масштабі генерального плану території;
- схему вантажепотоків і людських потоків;
- пояснювальну записку з необхідними розрахунками.

Рішення генерального плану повинні відповідати технології виробництва, необхідним санітарно-гігієнічним умовам праці, раціональному використанню земельних ділянок, а також забезпечувати нормативні показники щільності забудови майданчика підприємства та раціонального розміщення будівель і споруд. При виборі території для будівництва необхідно враховувати рельєф місцевості, наявність ґрунтових вод та їх рівень стояння, можливість водозабору і спуску стічних вод, наявність електропередач, можливість приєднання до залізничних ліній Міністерства транспортного зв'язку, наявність трудових резервів тощо.

**Генеральний план на стадії робочих креслень складається з:**

- горизонтального планування;
- вертикального планування;
- суміщених інженерних мереж і комунікацій.

Генеральний план розробляють в М 1:500 або 1:1000 для майданчиків від 5 до 10 га, для інших – М 1:1000; 1:2000.

Завершальним етапом розробки генерального плану є оформлення графічної частини і складання стислої пояснювальної записки.

**На генеральному плані графічно зображають:**

- розміщення будівель і споруд у прийнятому масштабі;
- зонування території за групами цехів;
- ширину запроектованих протипожежних і санітарних розривів між будівлями;
- проїзди, в'їзди, автодороги, залізничні колії та ін.;
- огороження території з вказівкою міст в'їзду і входу працюючих на територію і вихід і виїзд їх з території;
- прийняте впорядкування і озеленення території;
- троянду вітрів;
- ширину санітарно-захисної зони.

Рішення генерального плану повинне передбачати функціональне зонування площі з урахуванням її розвитку. Організуються передзаводська, виробнича, підсобна і складська зони (рис. 2.2).

**У практиці проектування будівництва існують суцільна (блокована) і розосереджена (роз'єднана) системи забудови.** У разі використання останньої, між будівлями необхідно залишати мінімальні протипожежні і санітарні розриви. Ширину розриву між цехами визначають як напівсуму висоти будівель, що протистоять, але не менше 15 м для підприємств, що виділяють шкідливості і 12 м для тих, що не виділяють шкідливості. Найбільш економічною схемою є блокування

підприємств в одному або декількох великих будівлях, які об'єднують виробничі, допоміжні, складські і обслуговуючі цехи.

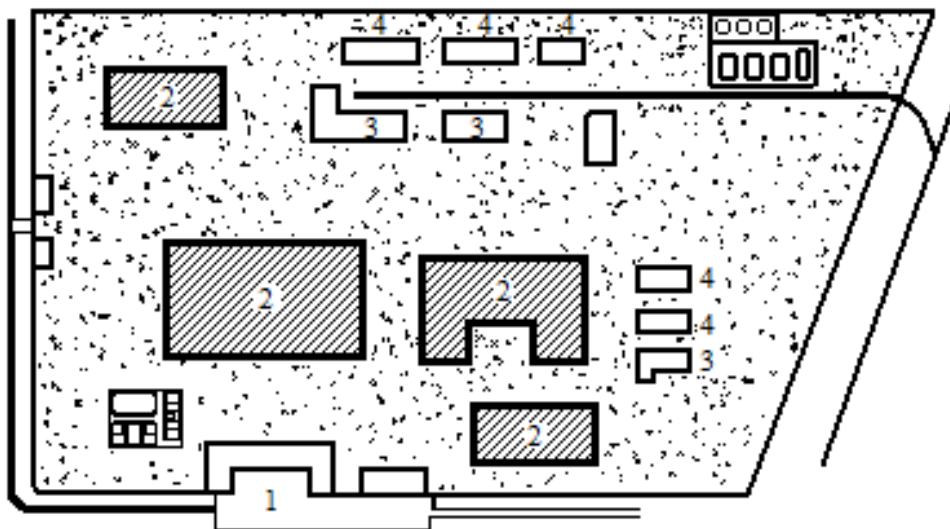


Рис. 2.2 Генеральний план промислового підприємства:

1 – передзаводська зона, 2 – виробнича зона, 3 – підсобна зона, 4 – складська зона

**У передзаводській зоні** розташовують заводоуправління, заводську лабораторію, поліклініку, загальнозаводську їдальню, пожежне депо, гараж, прохідну та ін. Ці об'єкти, що мають загальнозаводське призначення, розміщують з боку головного людського потоку від населеного пункту до заводської території. При цій групі об'єктів організовують головну передзаводську площу.

**Виробничу зону** зазвичай розташовують в центральній частині майданчика. Виробничі будівлі і обслуговуючі їх будівлі і споруди в межах цієї зони розташовують, виходячи з технологічного взаємозв'язку, характеру шкідливостей, що виділяються ними, пожежо- і вибухонебезпеки виробництва, видів зовнішнього і міжцехового транспорту. Будівлі слід орієнтувати торцями до магістральних проїздів, уздовж яких проектують магістральні траси комунікацій. Намічають розташування окремих цехів, споруд до них, дотримуючи безперервність, строго послідовність у напрямі загального технологічного потоку. Необхідно передбачити, щоб всі виробничі операції виконувалися в одному напрямі (не було перетинів, матеріали проходили найбільш короткий шлях), надходження сировини здійснювалося в одному напрямі, а вихід готових виробів – протилежному. Найбільш раціональні проектні рішення отримують при прямокутному контурі і компактній забудові будівлями відведеної території. Рішення генерального плану з урахуванням всіх виробничих питань повинне забезпечувати найбільш сприятливі і безпечні умови праці. Виробничі будівлі слід розташовувати щодо країн світу і пануючого напрямку вітрів з урахуванням забезпечення

найбільш сприятливого їх природного освітлення. Для цього необхідно подовжні осі будівель і світлових ліхтарів розташовувати під кутом  $45-110^\circ$  до меридіану, а подовжні осі аераційних ліхтарів і стін будівель з отворами, використовувані для провітрювання приміщень, розташовують в плані перпендикулярно або під кутом не менше  $45^\circ$  до пануючого напрямку вітрів літнього періоду року.

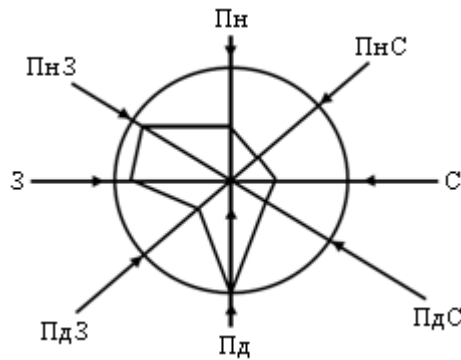


Рис. 2.3 Троянда вітрів

З урахуванням троянди вітрів розташування підприємства від житлових районів слід проектувати з підвітряної сторони (рис. 2.4).

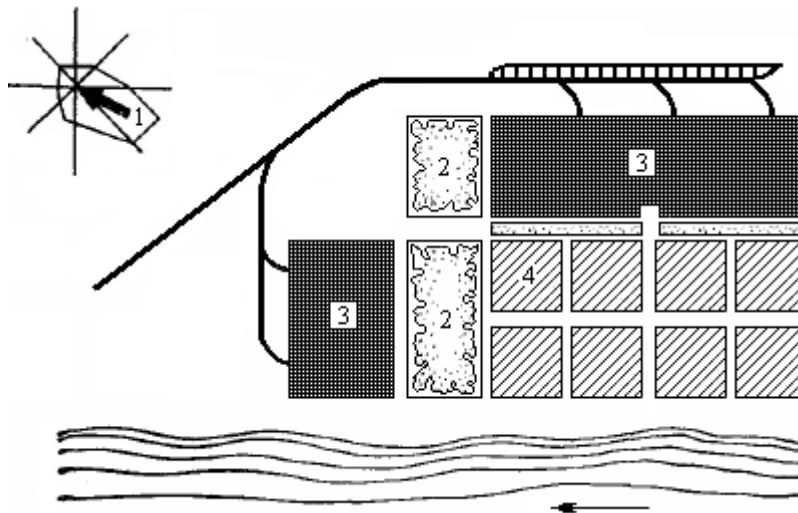


Рис.2.4 Розташування підприємств з урахуванням рози вітрів:  
1 – троянда вітрів; 2 – зелена зона; 3 – промислова зона;  
4 – житловий район

Пануючий напрям вітрів приймають по троянді вітрів, яка є схемою розподілу вітрів за напрямом і повторюваності у відсотках, а іноді і за швидкістю вітрів. Переважаючий напрям вітрів приймають по середній троянді вітрів літнього періоду на основі багаторічних (50-60 років) спостережень метеорологічних станцій. Троянду вітрів, яка представлена на рисунку 2.3, будують в масштабі таким чином. Коло ділять на 8 або 16 румбів. Відкладають відсоток повторюваності вітрів по відповідних

румбах. Точки з'єднують. Найбільш витягнута сторона отриманої фігури (троянда вітрів) показує напрям вітру.

**За санітарними нормами більшість хіміко-фармацевтичних підприємств не можна розташовувати ближче, ніж 1 км від будь-яких населених пунктів і 3 км від крупних міст.** Виробничі підприємства, що виділяють в атмосферу виробничі шкідливості (гази, дим, кіптява, неприємні запахи, шум), необхідно розташовувати по відношенню до найближчого житлового району з підвітряного боку (по відношенню до пануючих вітрів) і відокремлювати їх від житлових районів санітарно-захисними зонами. Ширину захисної зони визначають залежно від виробничої шкідливості і технологічного процесу (табл. 2.2). При цьому виробництва діляться на п'ять класів.

Таблиця 2.2

Залежність ширини санітарно-захисної зони від класу виробництва

Клас	Ширина санітарно-захисної зони, м
I	1000
II	500
III	300
IV	100
V	50

**Санітарно-захисна зона** починається від обгороджування підприємства або від точкового джерела забруднень, наприклад, від димаря. У санітарно-захисній зоні допускається розміщувати майданчики для відпочинку працівників підприємства, автомобільні і залізничні дороги, адміністративно-службові будівлі, заводські їдальні, поліклініки і амбулаторії, пральні, гаражі і пожежні депо, котельні на газовому паливі, склади і дрібні виробництва, що не виділяють виробничих шкідливостей. Не допускається розміщення на території санітарно-захисної зони спортивних, дитячих, лікувальних і інших об'єктів загального користування і використання землі для сільськогосподарських цілей.

Дотримання розмірів санітарно-захисних зон не забезпечує автоматичного зниження рівня шкідливої дії до нормативних показників.

Необхідно враховувати розташування підприємства по розі вітрів, тобто переважаючому напрямку, тривалості і інтенсивності вітрів по сезонах в цьому пункті, а також наявність місцевого фону забруднень від вже діючих там підприємств. Найточніше концентрація сумарних забруднень, їх розподіл по території і характер розсіювання визначаються спеціальними розрахунками.

Виробничі будівлі, з яких в атмосферу виділяються газ, дим, пил і речовини з неприємним запахом, слід розташовувати по відношенню до інших промислових будівель з підвітряного боку.

**Складську зону** зазвичай розташовують на транспортній магістралі (прирейкові склади). Склади горючих, легкозаймистих рідин, зріджених газів необхідно розташовувати на відособлених ділянках, віддалених від виробничої зони, і в нижчих місцях по відношенню до основних будівель.

**При розробці проекту заводської території і компонуванні будівель необхідно пов'язувати архітектурний вигляд підприємства з довкіллям.** Архітектура промислових будівель повинна відповідати художньо-естетичним вимогам, що пред'являються до будівель, а також сприяти підвищенню ефективності капітальних вкладень.

**При розробці генерального плану необхідно приділяти увагу організації людських і вантажних потоків.**

**Людські потоки** – шляхи масового пересування робітників на території підприємства, необхідно організовувати так, щоб забезпечити переміщення людей по найкоротших і безпечних шляхах.

**Вантажний потік** визначається надходженням на підприємство сировини і напівфабрикатів і вивезенням готової продукції. Він також має бути найкоротшим і безпечним для людей.

Проектування під'їзних і внутрішніх залізниць має бути обґрунтоване техніко-економічним розрахунком. Введення залізничних колій повинне проектуватися в складську зону, до зливно-наливних пристроїв, в зони сировинних і товарних ємностей. Залізничні колії і основні автомобільні лінії не повинні перетинатися. Відстань від будівель і споруд, які відносяться за мірою пожежної небезпеки до категорій А, Б і Е, до смуги відведення магістральної залізниці повинно бути не менше 100 м, а до кромки проїжджої частини зовнішньої автомобільної дороги - не менше 20 м.

Основний автомобільний в'їзд на територію підприємства слід розміщувати з протилежного боку від залізничної дороги і проектувати не менше, ніж на дві смуги руху.

До будівель і споруд по усій їх довжині має бути забезпечений під'їзд пожежних автомобілів: з одного боку – при ширині будівлі до 18 м і з двох сторін - при ширині більше 18 м Відстань від краю проїжджої частини до стіни будівлі має бути не більше 25 м.

Санітарні розриви між будівлями, освітленими через віконні отвори, мають бути не менш найбільшої висоти до верху карниза супротивних будівель і споруд.

**На генеральному плані показують благоустрій території.** До складу благоустрою входять: озеленення території, майданчика для відпочинку, ігор і гімнастичних вправ, клумби, малі архітектурні форми та ін. Майданчики для ігор і відпочинку створюють біля допоміжних будівель, що окремо стоять, і їдалень.

**Основним техніко-економічним показником по генеральному плану** є щільність забудови, яка визначається як відсоткове співвідношення площі забудови до загальної площі підприємства в огорожі. При цьому площа забудови визначається як сума площ, зайнятих будівлями і спорудженнями усіх видів, а також відкритими складами.



### **2.2.3 Транспортні комунікації**

На підприємствах хіміко-фармацевтичної промисловості основним технологічним міжцеховим транспортом є трубопроводи для рідких матеріалів і газів, пневмопроводи – для сипких матеріалів. Автомобільний транспорт використовується для доставки сировини, вивезення готової продукції і відходів. Інші автомобільні перевезення носять нерегулярний характер.

В цехах рідкі матеріали транспортують трубопроводами, гази – трубопроводами і з використанням балонів.

Тверді матеріали транспортують з використанням візків, підлогових транспортерів, електротельферів та пневмотранспорту. Переміщення в похилій площині чи по вертикалі здійснюють вантажними ліфтами, електropідйомниками, елеваторами, транспортерами, а також пневмотранспортом.

З метою скорочення чисельності обслуговуючого персоналу один з в'їздів розміщують поряд з прохідною, другий в'їзд доцільно зробити вантажним. Внутрішньо-майданчикові автомобільні дороги, проїзди і майданчики повинні забезпечувати вільний проїзд (роз'їзд) транспортних засобів до усіх будівель і споруд і мати тверде покриття. Людські потоки не повинні перетинатися із зонами інтенсивного руху транспорту. Бажано уникати проектування автопереїздів і пішохідних переходів через залізничну гілку.

Матеріалопроводи прокладають на естакадах спільно з іншими трубопроводами і електрокабелями. Територія підприємства має бути добре спланована, обладнана зливовою каналізацією. Озеленення, продумане розміщення елементів малих архітектурних форм, майданчиків відпочинку і т. п. надають підприємству охайний вигляд, сприяють створенню умов для високо продуктивної праці.

### **2.2.4 Техніко-економічні показники генерального плану**

Оптимальне рішення генерального плану і основних його елементів досягається шляхом зіставлення техніко-економічних показників проекту (ТЕП) з показниками аналогічних по потужності діючих підприємств. Слід користуватися наступною номенклатурою основних ТЕП:

- площа території, яку займає проектоване промислове підприємство;
- протяжність внутрішньозаводських залізничних і автомобільних доріг, огорож по зовнішній межі майданчика;
- коефіцієнти забудови, використання території і озеленення;
- площа (в га) території, яку займає хіміко-фармацевтичне підприємство, що проектується у межах огородження, у тому числі і резервна площа забудови; теж саме з урахуванням розширення відкритих

складів, автомобільних доріг і заощених ділянок промислового майданчика; під внутрішньозаводськими залізничними путями; тротуарів і окремих відмосток; озеленення.

Коефіцієнт забудови визначається як відношення площі, що зайнята усіма будівлями і спорудами, до загальної площі території хіміко-фармацевтичного підприємства в межах огороження. Величина цього коефіцієнту –  $0,22 \div 0,5$ .

Коефіцієнт використання території визначається як відношення площі усіх будівель і споруд, у тому числі залізничних мереж, автодоріг, підземних і надземних інженерно-технічних комунікацій, до загальної площі підприємства в межах огороження і він дорівнює  $0,5 \div 0,75$ .

Загальна площа озеленення дорівнює сумі площі організованих насаджень.

### 2.3 Технологічні рішення

Матеріали, що стосуються технологічних рішень проектуемого виробництва, переважно, готуються на стадії передпроектної підготовки (п. 1.3.2). При підготовці проекту проводиться черговий аналіз цих даних, а при необхідності і їх корегування, після чого складається технологічний регламент виробництва, яке буде прийнято до впровадження.

Технологічний регламент – це технічний документ, який є складовою часткою проекту виробництва, що проектується, і є обов'язковим до виконання технічним персоналом, що супроводжує технологічний процес у реальному часі.

Регламент має такі розділи:

1. Загальна характеристика виробництва і його техніко-економічний рівень.
2. Характеристика продукції, що виробляється.
3. Характеристика вихідної сировини, матеріалів і напівпродуктів.
4. Опис технологічного процесу і схеми.
5. Матеріальний баланс.
6. Річні норми витрат основних видів сировини, матеріалів і енергоресурсів.
7. Річні норми утворення відходів виробництва.
8. Норми технологічного режиму.
9. Специфікація основного технологічного устаткування.
10. Методики аналізів.
11. Контроль виробництва і управління технологічним процесом.
12. Можливі неполадки у роботі і способи їх запобігання і ліквідації.
13. Охорона навколишнього середовища.
14. Основні правила безпечної експлуатації виробництва.
15. Лист обов'язкових інструкцій.
16. Креслення технологічної схеми виробництва.

## 2.4 Архітектурно-будівельні рішення

До даного розділу проекту входять матеріали для комплексного будування промислової будівлі, наприклад цеху для виробництва певної продукції. Насамперед це

- матеріали щодо розташування будівель споруд та комунікацій;
- матеріали щодо розташування устаткування по горизонталі і вертикалі (компоновка устаткування);
- пояснювальна записка та креслення до неї з планами і розрізами майбутньої споруди з детальним наданням окремих вузлів будівельних конструкцій, тобто з робочими кресленнями – вихідним матеріалом для визначення об'ємів споруд та реального їх будівництва.

З метою індустріалізації і скорочення тривалості будівництва об'єкту питання об'ємно-планових рішень виробництва та розміщення устаткування необхідно виконувати з максимальною уніфікацією будівельних елементів, застосовуючи сучасні типові деталі і конструкції.

Базові матеріали з цього приводу наведені у наступному розділі.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

#### 3.1 Загальні відомості про промислові будівлі

Залежно від призначення промислові будівлі підрозділяються на декілька видів:

- основні виробничі будівлі, призначені для випуску хіміко-фармацевтичної продукції;
- підсобні виробничі будівлі, призначені для розміщення ремонтно-механічних, інструментальних, експериментальних та інших не основних виробництв;
- обслуговуючі будівлі для зберігання сировини, напівпродуктів, готової продукції, паливно-мастильних матеріалів та ін.;
- транспортні будівлі – гаражі, залізничні депо та ін.;
- допоміжні будівлі, в яких розташовують адміністративно-конторські, побутові приміщення, заводоуправління, їдальні, медичні пункти, прохідні та ін.

**Головними вимогами**, що пред'являються до промислових будівель, є зручність і безпечні умов праці, міцність і довговічність конструкцій, безпека в пожежному відношенні, високий санітарно-технічний стан, економічність і архітектурно-художня виразність.

**Міцність і довговічність конструкцій будівель і споруд** залежить від якості і виду матеріалів і конструкцій, від правильного їх вибору при проектуванні залежно від зовнішнього і внутрішнього середовища (температури, вологості, агресивності середовища та ін.).

**Довговічність будівлі** – це його здатність зберігати міцність і стійкість без втрати необхідних експлуатаційних якостей протягом всього нормативного терміну служби.

Для основних конструкцій встановлено три ступені довговічності:

- I – з терміном служби не менше 100 років;
- II – з терміном служби, не менше 50 років;
- III – з терміном служби, не менше 20 років.

Відносно короткі терміни довговічності встановлені з урахуванням того, що будівлі крім фізичного зносу зазнають також і «моральний» знос, тобто у міру удосконалення технологічних процесів перестають задовольняти своєму призначенню.

Промислові будівлі відносять до I категорії.

**Промислові будівлі підрозділяють на одно-, двух- і багатоповерхові.** У цехах по виробництву активних фармацевтичних інгредієнтів будівництво підвальних приміщень за умовами безпеки (скупчення горючих газів, рідин та ін.) заборонено. Усередині будівлі можуть бути влаштовані міжповерхневі капітальні майданчики, обслуговуючі майданчики, етажерки та ін.

Першим поверхом вважається поверх, розташований не нижче за відмітку відмостки.

Висотою одноповерхових будівель вважається відстань від підлоги до низу несучої конструкції покриття.

Висотою поверху багатоповерхових будівель є відстань між рівнем підлог суміжних поверхів.

Висота першого поверху зазвичай передбачається 7,2м, другого і подальших 6,0м або 4,8м (залежно від категорії приміщення).

Міжповерхневі капітальні майданчики за конструкцією аналогічні міжповерховим перекриттям, використовуються для розміщення технологічного устаткування.

Обслуговуючі майданчики спираються на устаткування або на власні опори, зазвичай, виконуються металевими.

Етажерки – одно-, двух- і багатоповерхові споруди, служать для розміщення устаткування на різних відмітках по висоті, і можуть розташовуватися усередині або поза будівлею.

**Залежно від конструкції каркаса розрізняють промислові будівлі з:**

- повним каркасом і навісними зовнішніми стінами;
- повним каркасом і самонесучими зовнішніми стінами;
- внутрішнім каркасом (без пристінних) і несучими стінами (будівля з неповним каркасом).

У каркасних будівлях всі вертикальні і горизонтальні навантаження сприймає каркас. Зовнішні стіни в цьому випадку грають тільки роль огорожі.

У будівлях з неповним каркасом навантаження від покриття і перекриттів сприймають зовнішні стіни і внутрішні колони. В цьому випадку зовнішні стіни одночасно грають роль несучих і захищаючих елементів.

У безкаркасних будівлях всі навантаження сприймають тільки стіни.

В даний час будівлі для розміщення технологічних схем по випуску хімічної продукції проектують переважно із збірних конструкцій з повним каркасом.

### **3.2 Основні параметри, що забезпечують уніфікацію об'ємно-планувальних і конструктивних рішень при проектуванні промислових будівель**

Основними параметрами, що забезпечують уніфікацію об'ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель, є проліт, крок колон і висота поверху.

При розробці проекту завдання на план наносять сітку колон. Сітку колон позначають як добуток прольоту на крок колон (6×6; 12×6 та ін.). Розбивальні осі будівлі бувають подовжні і поперечні. Подовжні осі

визначають прольоти і позначаються прописними буквами українського алфавіту, а поперечні визначають крок і позначаються цифрами (рис. 3.1).

**Проліт** – відстань між розбивальними осями колон в напрямі, відповідному прольоту основної несучої конструкції покриття, балки, ферми. По розташуванню внутрішніх опор промислові будівлі підрозділяють на прольоти і зальні. У будівлях прольотного типу розмір прольоту у декілька разів більше розміру кроку.

**Крок колон** – це відстань між розбивальними осями в напрямі, відповідному осі основної конструкції (балки, ферми). Будівлі зального типу проектують для виробництв, що вимагають великих площ без внутрішніх опор.

У виробництвах активних фармацевтичних інгредієнтах приймають сітку колон 6×6м.

На будівельних планах колони позначають перетином двох взаємно перпендикулярних подовжених і поперечних розбивальних осейових ліній. Систему подовжніх і поперечних осей по рядах колон називають сіткою колон (рис. 3.1). Відстань між подовжніми розбивальними осями (по торцевій стороні) утворює проліт основної несучої конструкції покриття (даху) або перекриття. Подовжні розбивальні осі позначають прописними буквами українського алфавіту, за винятком букв Г, З, Й, Х, О, Ц, Ч, Ш, Ъ, Ь.

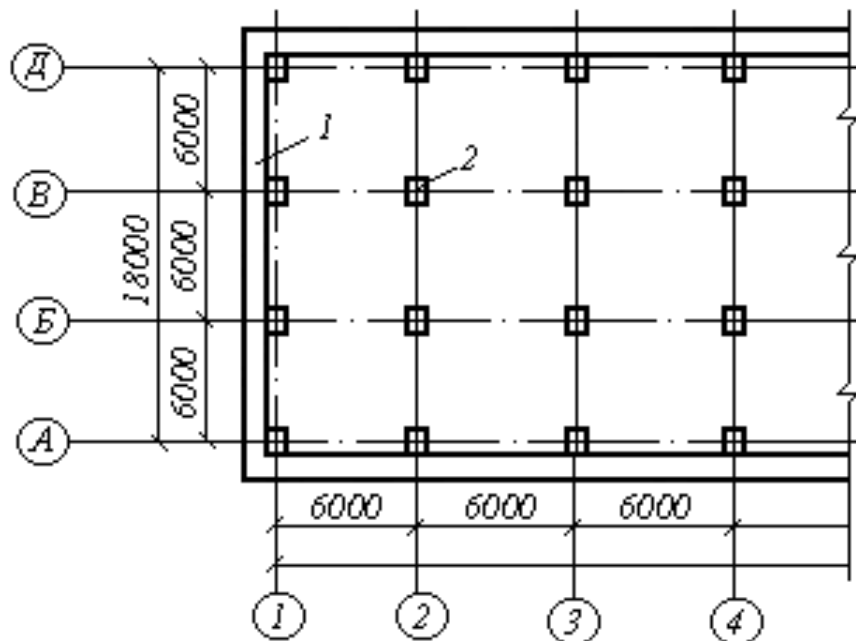


Рис. 3.1 Сітка колон на плані будівлі:

1 – стіна капітальна; 2 – колона

Відстань між поперечними розбивальними осями будівель позначають зліва направо арабськими цифрами.

Розбивальні осі створюються в процесі проектування будівель. Вони визначають координати окремих елементів, конструкцій на плані будь-якої будівлі.

### **3.3 Об'ємно-планувальне рішення (компоновка) виробництва і розміщення устаткування**

**Зв'язок будівельного проектування з технологічним.** В основу будівельного проектування хіміко-фармацевтичних виробництв покладено принцип відповідності будівельних рішень вимогам технологічного процесу і створення найкращих умов праці для працівників.

Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення промислових будівель і споруд хіміко-фармацевтичної промисловості знаходяться у прямій залежності від габаритів устаткування, його маси, конфігурації, розташування і експлуатаційних умов.

Будівельна частина промислової будівлі – це комплекс конструктивних елементів, який забезпечує створення необхідних санітарно-гігієнічних умов для працюючих, розташування у певних місцях устаткування і фундаментів для нього, комунікацій, транспортних приладів, майданчиків обслуговування, проходів і проїздів. Вибір будівельного матеріалу також залежить від технологічного процесу і характеру устаткування, що застосовується.

Таким чином, на усіх етапах будівельного проектування існує тісний зв'язок з рішеннями технологічних процесів.

Як вихідні дані для визначення основних розмірів цеху або споруди у плані використовують габарити устаткування і апаратів, мінімально необхідну кратність повітрообміну, умови виробництва, робочу площу обслуговування, міста для монтажу і демонтажу окремих агрегатів, ширину цехових проходів і проїздів, відстань до несучих конструкцій (колон, стін) перегородок, сходів тощо.

**Під компоновкою цеху** мають на увазі склад приміщень, необхідних для розміщення устаткування і допоміжних служб цеху (виробництва), їхні розміри і взаємне розташування. Компоновка виробництва повинна передбачати повну відповідність специфічним умовам технологічного процесу, безпеку і зручність обслуговування устаткування, зручність монтажу і ремонту устаткування і мінімальну вартість будівництва.

Спочатку вирішується питання про розміщення устаткування на відкритих майданчиках і етажерках. Зазвичай прагнуть до максимального винесення устаткування з закритих приміщень, оскільки це здешевлює будівництво, спрощує монтаж і демонтаж апаратури при ремонті, усуває необхідність у вентиляції. Проте, при цьому необхідно враховувати специфіку хіміко-фармацевтичного виробництва (токсичність і вибухонебезпека речовин, що переробляються), технологічні вимоги і кліматичні умови в пункті будівництва. Виробництва каталізаторів, реактивів, речовин, що сильно порошать і агресивних, розчинів з високою температурою кристалізації розміщують тільки в закритих приміщеннях, а також більшість машин – компресори, газодувки, насоси, млини, дробарки, грохоти, апаратуру для розчинення, упарювання, фільтрації і сушіння. При компоновці враховують ступінь токсичності, пожежо- і

вибухонебезпечності виробництва, необхідність розміщення допоміжних виробничих (вентиляційні камери, електропідстанції і електророзподільні пристрої, цехові лабораторії) і обслуговуючих приміщень, таких, як ремонтні майстерні, комори, побутові та адміністративні.

**Після вирішення питань об'ємного планування розпочинають розміщувати устаткування по майданчиках і поверхах з урахуванням його розмірів і маси, напряму матеріальних потоків, токсичності речовин, що переробляються, зручності монтажу, ремонту та обслуговування, а також вимог охорони праці й техніки безпеки. Як правило, устаткування поділяють на групи, в кожній з яких збирають машини і апарати близького типу або ті, що характеризуються загальною ознакою (наприклад, з сильною вібрацією і пиловиділенням, виділенням токсичних або агресивних речовин) і розподіляють ці групи по відповідних виробничих приміщеннях: компресорним, насосним, реакторним, сушильним та ін. Устаткування креслять на кресленнях компоновки виробництва (цехів).**

Виконання цієї частини проектування закінчують складанням завдань щодо

- енерговідділу зі вказівкою розміщення споживачів електроенергії, їх потужності і режиму роботи;

- відділу генеральних планів з кресленнями компоновки будівель, споруд і майданчиків;

- відділу водопостачання і каналізації зі вказівкою споживачів води, вимог до її якості і витрати;

- будівельного відділу на розробку архітектурно-будівельної частини проекту (перше завдання) у вигляді креслень цеху з нанесеним устаткуванням і вказівкою максимальних і мінімальних корисних навантажень від машин і апаратів, трубопроводів і арматури, а також від деталей машин і апаратів при ремонті;

- відділу зовнішніх мереж на проектування різних технологічних трубопроводів між цехами;

- кошторисного відділу на складання кошторису будівництва; в завданні повідомляють обсяг і тип будівель, споруд і майданчиків, специфікацію устаткування і виробів, необхідних для проектного виробництва.

У подальшому вказані завдання уточнюються і узгоджуються з відповідними відділами. За даними підбору і розрахунку устаткування складають специфікацію обладнання, завдання на проектування нестандартного устаткування, технологічну схему виробництва, сортамент труб і арматури.

**Монтажне опрацювання полягає у виконанні креслень трубопроводів (обв'язування), що зв'язують різні апарати в цеху. У даній частині проекту намічають траси трубопроводів і способи їх з'єднання з апаратами, розробляють способи обігріву трубопроводів, призначених для замерзаючих рідин, міри усунення вібрації, гідравлічних ударів і температурної деформації трубопроводів, способи кріплення**



трубопроводів, місця розміщення арматури. Проект повинен забезпечувати зручність обслуговування і ремонту трубопроводів, виконуватися відповідно до вимог техніки безпеки і протипожежних правил.

Монтажне опрацювання закінчується виконанням монтажно-технологічної схеми, на якій змальовують обладнання і його трубопровідне обв'язування, монтажних креслень, на яких викреслюють в масштабі апаратуру й усі трубопроводи, складанням журналу трубопроводів, зведеної специфікації на труби й арматуру та монтажні інструкції.

Оформлення проектної документації здійснюють у міру готовності її окремих частин. Креслення, схеми і розрахунки, підготовлені різними відділами проектного інституту, узгоджуються, перевіряються і затверджуються.

При розробці проектів промислових підприємств, будівель і споруд проектна організація повинна керуватися діючими нормами і правилами по проектуванню і будівництву, каталогами типових проектів і конструкцій, що випускаються підприємствами будівельної індустрії. В залежності від характеру проектного об'єкту і стадії проектування користуються різним набором нормативних документів.

**Графічна частка проектів** – розмір аркушів креслень, масштаб, товщина ліній, креслярські шрифти, принципи побудови зображень на кресленнях, умовні позначення, регламентується спеціальними нормативними документами.

**Об'ємно-планувальне рішення промислової будівлі** – це доцільне за функціонально-технічними, технологічними, архітектурно-художніми і економічними вимогами розташування окремих приміщень у загальному будівельному комплексі.

Велике значення мають правильно запроектовані об'ємно-планувальні і конструкційні рішення промислових будівель, оскільки від них в значній мірі залежать можливості розташування технологічного устаткування, рівень організації виробничих процесів, комплексної механізації і автоматизації будь-якого підприємства.

Залежно від характеру устаткування і кліматичних умов технологічне, енергетичне і санітарно-технічне устаткування рекомендується, по можливості, розміщувати на відкритих майданчиках, застосовуючи при необхідності місцеві укриття.

Важливим завданням є забезпечення в промислових будівлях необхідних кліматичних, світлотехнічних і акустичних умов, які відповідали б характеру виробництва, і таким чином, сприяли підвищенню продуктивності праці. Незалежно від характеру технологічного процесу на кожного робочого проектується не менше 4,5 м<sup>2</sup> виробничої площі і 15 м<sup>3</sup> об'єму будівлі, при цьому технологія виробництва вимагає постійно підтримувати на заданому рівні температуру, вологість, чистоту повітря усередині приміщення і освітленість.

Цехи, в яких за умовами технологічного процесу необхідно застосовувати кондиціонування повітря для підтримки заданих параметрів (температури, вологості, тиску, швидкості переміщення і чистоти повітря), що забезпечує необхідну якість готової продукції, доцільно проектувати безліхтарними. Вітчизняна і зарубіжна практика показала, що штучне освітлення, вентиляція і кондиціонування повітря створюють комфортабельні умови для високопродуктивної праці, незалежно від характеру підприємства і кліматичних умов.

Тому в проектах при необхідності слід передбачати створення штучного клімату і штучного або комбінованого освітлення.

При проектуванні сучасних промислових будівель для хіміко-фармацевтичної промисловості застосовують укрупнену уніфіковану сітку колон. Виробничі і допоміжні будівлі повинні мати форму прямокутника з простим об'ємом і профілем без перепадів по висоті суміжних прольотів.

**Одноповерхові будівлі проектують з ліхтарями і безліхтарними або з вікнами (рис. 3.2). Багатоповерхові промислові будівлі (рис. 3.3)** проектують за вимогами технологічного процесу шириною 18 м і більш. Кількість поверхів зазвичай приймають від 2 до 6 з висотою, кратною 0,6 м і рівною 3,6; 4,8 і 6 м; для першого поверху передбачена додаткова висота 7,2 м. Природна освітленість багатоповерхових будівель забезпечується при ширині їх не більш 36 м. У разі застосування звичайного або провисаючого устаткування при укрупненій сітці колон верхніх поверхів допускається застосовувати підвісний транспорт (крант-балки, кішки, електроталі, монорейки, конвеєри та ін.) вантажопідйомністю до 5 т; для будівель з провисаючим устаткуванням застосовується також габаритна схема з укрупненою сіткою колон верхнього поверху 18×6 м з мостовим краном вантажопідйомністю 10 т і висотою поверху 8,4 або 10,8 м.

**При проектуванні хіміко-фармацевтичних підприємств слід прагнути максимально об'єднувати окремі виробництва в крупні корпуси** якщо це рішення не суперечить спеціальним нормам і вимогам за технологічними, санітарно-технічними і протипожежними умовами. Блокування окремих виробництв під одним дахом доцільно здійснювати одночасно з укрупненням технологічних агрегатів і застосуванням комплексної автоматизації всіх технологічних процесів, які входять до складу цеху або підприємства. Блокуванню в одній крупній будівлі підлягає весь комплекс цехів і служб підприємства, включаючи основні і підсобні цехи, склади, підсобні приміщення, контори, адміністративно-побутові приміщення, лабораторії і інші об'єкти.

**При проектуванні внутрішньоцехового транспорту** слід обмежувати застосування мостових кранів, використовуючи наземний (автокрани, автонавантажувачі, електрокари, транспортери та ін.) і підвісний транспорт.

Сипкі матеріали транспортують пневмотранспортом, шнеками, елеваторами і іншими закритими пристроями.

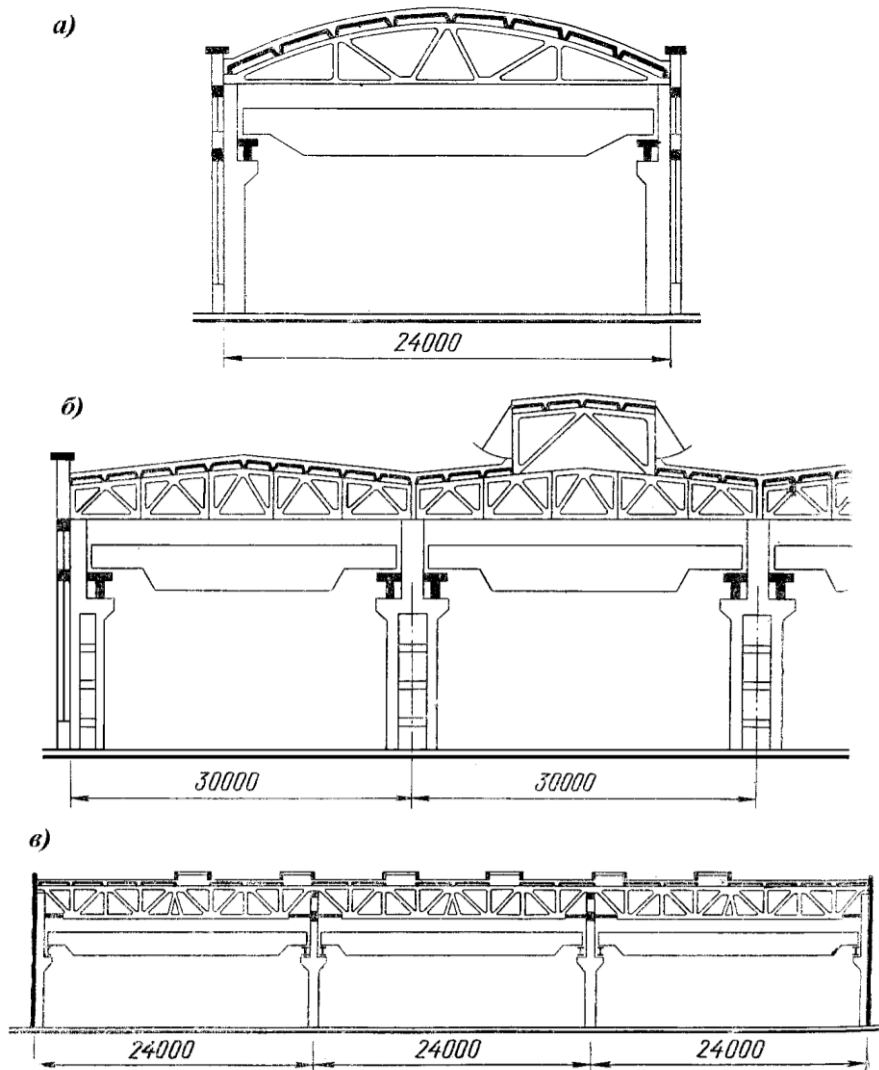


Рис.3.2 Одноповерхова будівля підприємств хімічної промисловості:  
 а – однопрольотне безліхтарне; б – багатопрольотне з ліхтарями;  
 в – те ж, з плоским покриттям

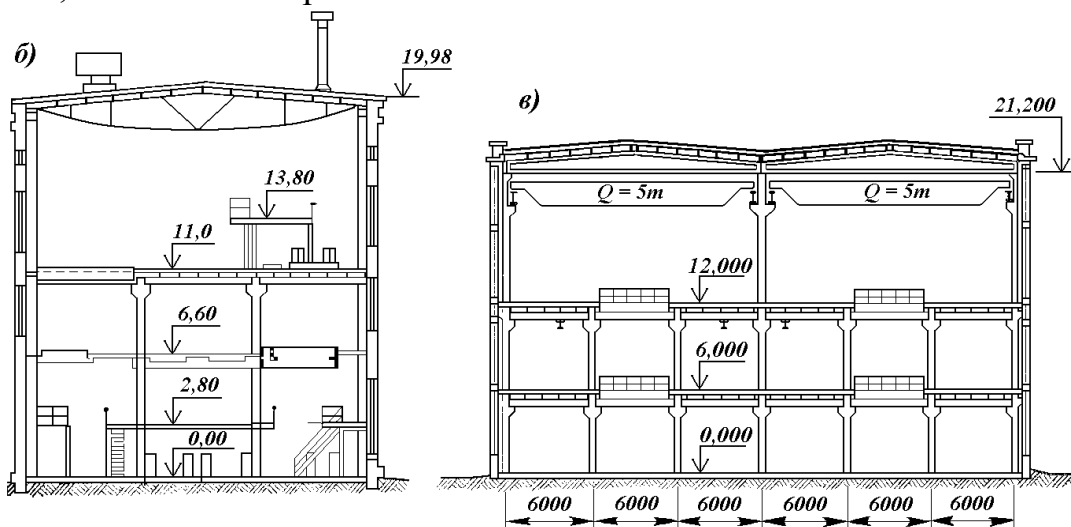


Рис. 3.3 – Багатоповерхові будівлі хіміко-фармацевтичної промисловості: б – без кранів; в – з мостовими кранами

**Внутрішній простір будівлі або окремого приміщення (інтер'єр) на підприємствах складається з будівельних конструкцій, технологічного устаткування, підйомно-транспортних пристроїв, комунікацій.** Будівельні конструкції створюють об'ємно-планувальне рішення будівлі, а решта об'єктів складає його експлуатований об'єм.

Технологічне устаткування проектується залежно від характеру виробництва, його потужності. Залежно від об'єму і висоти устаткування ділять на: велике, об'ємом більше 50 м<sup>3</sup> і висотою від 10 до 15 м; середнє, об'ємом від 20 до 50 м<sup>3</sup> і висотою від 5 до 10 м<sup>3</sup>; мале, об'ємом менше 20 м<sup>3</sup> і висотою до 5 м.

Устаткування значної маси і великих розмірів встановлюють на власні фундаменти.

Службові або обслуговуючі майданчики, як правило, необхідно кріпити безпосередньо до технологічного устаткування. Проектування самостійних обслуговуючих майданчиків вирішується тільки у випадках, якщо кріплення їх до технологічного устаткування технічно здійснити не можна або економічно не доцільно.

### **3.4 Типізація і уніфікація секцій, прольотів і конструкцій промислових будівель**

Типізація і уніфікація об'ємно-планувальних рішень промислових будівель – це приведення до одноманітності основних будівельних параметрів, планувальних схем і їх конструктивних елементів. При цьому застосовують типові збірні елементи конструкцій, деталей і вузлів.

**До типових конструкцій відносять** конструктивні елементи будівель і споруд ( колони, балки, ферми, стінні панелі, плити покриттів і перекриттів, ворота, двері, палітурки вікон і ліхтарів та ін.), що виготовляються на заводах по кресленнях. Обмеження числа типорозмірів частин будівель, їх типів, конструкцій і деталей здійснюється за допомогою відбору найбільш доцільних проектних рішень.

**Типізація і уніфікація будівель знижує вартість промислового будівництва,** сприяє індустріалізації, прискорює введення промислових комплексів в експлуатацію, підвищує темпи будівельного виробництва і економічну ефективність, покращує якість конструкцій і деталей, що виготовляються на заводах, скорочує терміни проектування тощо.

**Основним напрямом розвитку будівництва є індустріалізація,** що забезпечує підвищення якості, зниження вартості і скорочення термінів зведення будівель і споруд.

Під індустріалізацією будівництва розуміють комплексно-механізований процес будівельно-монтажних робіт, що виконуються в основному з використанням типових уніфікованих будівельних конструкцій і деталей.

Заводське виготовлення конструкцій і елементів будівель є обов'язковою умовою індустріального будівництва. Одним з основних

шляхів широкого застосування збірних елементів, що виготовляються заводським шляхом, є їх типізація.

**Типізація** - технічний напрям в проектуванні і будівництві, що дозволяє багаторазово застосовувати уніфіковані об'ємно-планувальні і конструктивні рішення в будівництві різноманітних об'єктів.

**Уніфікація** – одноманітність розмірів частин будівель і конструктивних елементів, що виготовляються на заводах. Уніфікація досягається обмеженням числа різних розмірів частин будівлі і видів його конструктивних елементів.

Уніфікація досягається на основі єдиної модульної системи в будівництві (ЄМС). Як основний модуль (М) прийнятий розмір 100 мм. Укрупненні модулі: 12000, 6000, 3000, 1500, 1200, 300, 200 мм; дробові модулі: 50, 20, 10, 5, 2 і 1 мм.

У промисловому будівництві укрупнені модулі, використовують для позначення горизонтальних і вертикальних розмірів будівель. Наприклад, відстань між колонами – 6,12 м. Дробові модулі служать для позначення дрібніших розмірів (наприклад, товщина плит та ін.).

Основними параметрами, що забезпечують уніфікацію об'ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель, є проліт, крок колон і висота поверху.

**Прольотом** називають відстань між координаційними сваями несучих стін або окремих опор у напрямку, відповідному прольоту основної несучої конструкції перекриття, наприклад, залізобетонного ригеля. У одноповерхових промислових спорудах може бути один, два або декілька прольотів, які дорівнюють 12, 18, 24, 30 м і т.д. (через 6 м).

**Крок колон** – це відстань між розбивочними осями в напрямі, відповідному осі основної конструкції (балки, ферми).

**Висотою одноповерхових будівель** вважається відстань від підлоги до низу несучої конструкції покриття, висотою поверху багатопверхових будівель – відстань між рівнями підлог суміжних поверхів.

Для промислових будівель приймають крок колон кратним 6 м, їх проліт кратним 3 м в прольотах від 6 до 12 м і кратним 6 м в прольотах 18 м і більш. У більшості випадків прольоти промислових будівель мають 12, 16, 24, 30 м і т.д. Для хіміко-фармацевтичної промисловості розроблені схеми уніфікованих типових секцій і прольотів, наприклад, сітка колон 18x12, 24x12, 30x12 м.

**Різні будівлі складаються з конструкцій.** Конструкцією прийнято називати частину будівлі, що складається з елементів, взаємозв'язаних процесом будівельно-монтажних робіт або функціональним призначенням. Прикладами конструкцій будівлі можуть бути його фундамент, каркас, конструкції, що захищають, перекриття і покриття і тому подібне.

Конструкції можуть бути збірні (що складаються з окремих, заздалегідь виготовлених на заводах будівельної індустрії елементів) і монолітні (що виготовляються повністю на місці монтажу).

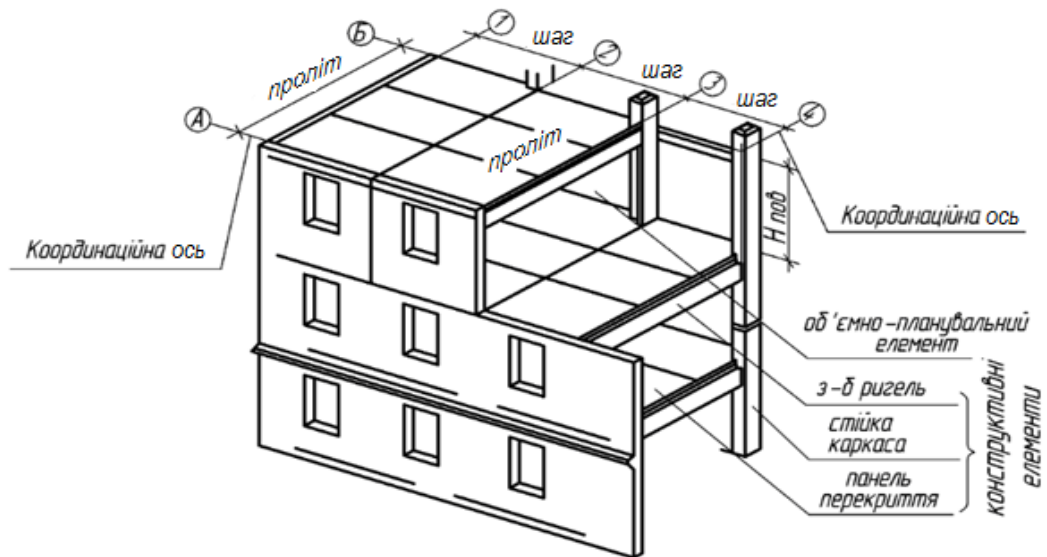


Рис. 3.4 Конструктивні і об'ємно-планувальні елементи багатоповерхової будівлі

Так, наприклад, на рис. 3.4 показана частина збірної багатоповерхової каркасної будівлі. Конструкція каркаса цієї будівлі складається з елементів – колон і залізобетонних ригелів. План будівлі розчленовують осевими лініями на ряд елементів (рис. 3.2).

Ці лінії визначають положення основних конструкцій, що несуть і захищають, і називаються координаційними (розбивочними) осями. Розбивочні осі будівлі бувають подовжні і поперечні. Подовжні осі визначають прольоти і позначаються прописними буквами українського алфавіту (за винятком букв З, Й, О, Х, І, Ї, Б), а поперечні визначаються кроком і позначаються цифрами (рис. 3.5). Послідовність маркування осей приймають зліва направо і віднизу доверху.

При розробці проекту будівлі на плані наносять сітку колон, яку означають як довжину прольоту на крок колон, наприклад, 6х6, 12х6, 18х6 м і т. д.

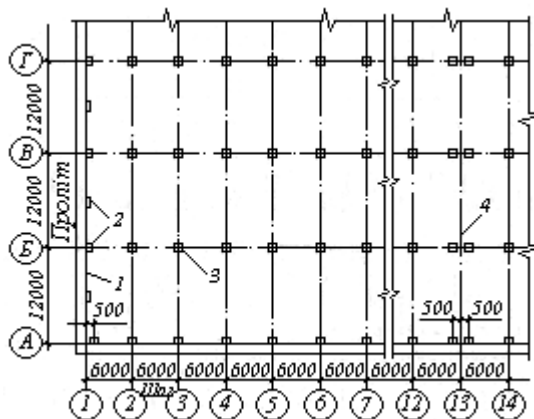


Рис. 3.5 Сітка колон на плані будівлі:

1 – панельна стіна; 2 – колона фахверку; 3 – колона;  
4 – температурний шов

**Висотою поверху багатоповерхової будівлі** називають відстань від рівня підлоги поверху до підлоги, поверху, що лежить вище. Висотою одноповерхових будівель або верхнього поверху багатоповерхових вважається відстань від підлоги до низу конструкції покриття (рис 3.6). Висоту поверхів одноповерхових будівель приймають рівною 3,6; 4,2; 4,8; 5,4 і 6,0 м, тобто кратною 0,6 (6М), а потім кратною 1,2 м (12М) - 7,2; 8,4; 9,6; 10,8 м і більш. Для багатоповерхових будівель висоту поверху приймають рівною 3,6; 4,8; 6,0 і 7,2 м, тобто кратною 12М.

Частина будівлі з розмірами, рівними висоті поверху, прольоту і кроку, називають об'ємно-планувальним елементом, а його горизонтальну проекцію – планувальним елементом (рис. 3.2).

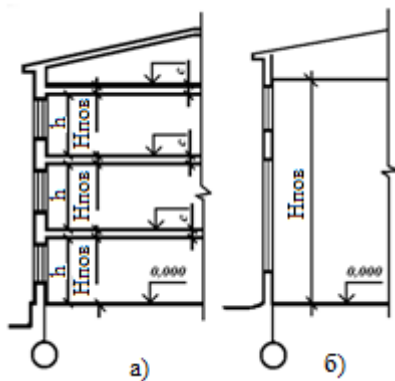


Рис. 3.6 Висоти поверхів будівлі:  
а – багатоповерхового;  
б – одноповерхового

Таким чином, основними параметрами, що забезпечують уніфікацію об'ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель, є *проліт, крок колон і висота поверху*.

По розташуванню внутрішніх опор промислові будівлі підрозділяють на **прольотні** і **зальні**. У будівлях прольотного типу розмір прольоту у декілька разів більше розміру кроку.

Будівлі зального типу проектують для виробництв, що вимагають великих площ без внутрішніх опор.

Вибір ширини і числа прольотів, а також їх висоти залежить від технології виробництва, продуктивності підприємства, вимог санітарних норм та ін.

На базі єдиної модульної системи розроблені уніфіковані габаритні схеми одноповерхових і багатоповерхових промислових будівель.

Уніфіковані габаритні схеми (УГС), що є схемними поперечними розрізами будівель з певними розмірними параметрами, є основою для проектування промислових будівель з широким застосуванням типових збірних конструкцій.

Одноповерхові промислові будівлі, не обладнані кранами або обладнані підвісним підйомно-транспортним устаткуванням вантажопідйомністю до 5 т, можуть мати прольоти 12, 18 і 24 м і висоту від 8,4 до 18,0 м включно. Для окремих галузей промисловості застосовують прольоти 6 і 9 м.

За уніфікованими габаритними схемами багатоповерхових промислових будівель з сіткою колон 6х6 і 9х6 м можна будувати будівлі з двома, трьома і більшою кількістю прольотів і заввишки 3, 4 і 5 поверхів. Якщо у верхніх поверхах потрібне підйомно-транспортне устаткування,

застосовують укрупнену сітку колон, 18х6 м.

Висоту поверхів приймають в 3,6; 4,8 і 6 м, для нижніх і верхніх поверхів –7,2 м, а висоту верхнього поверху при прольоті 18 м– рівною 10,8 м.

У таблиці. 3.1 показані уніфіковані схеми і основні розмірні параметри багатоповерхових будівель.

Таблиця 3.1

**Уніфіковані габаритні схеми багатоповерхових будівель**

Промислові будівлі з сіткою колон 6х6 м и 9х6 м		
Двухпрольотні	Багатопрольотні	Трьохпрольотні з підвісними кранами
<p style="text-align: center;"><math>h</math> – висота поверху</p>		

**Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення промислових будівель** залежать від особливостей технологічного процесу, що протікає в цих будівлях. Промислові будівлі багатьох хіміко-фармацевтичних підприємств відносяться до групи будівель, в яких можна розміщувати різні виробництва без порушення об'ємно-планувальних і конструктивних рішень. Ці будівлі дістали назву "універсальних" або "гнучких". Такі будівлі проектуються одно- і багатоповерховими. Усі вони повинні допускати можливість зміни технологічних процесів із заміною і перестановкою устаткування. Тому при проектуванні виробничих будівель слід застосовувати укрупнені сітки колон і уніфіковані висоти приміщень.

При проектуванні підприємств необхідно передбачати обмежене число типів будівель, їх конструктивних рішень, простоту об'єму і плану. Необхідно широко застосовувати блокування виробництв, цехів в одній будівлі, оскільки будівлі, що блокуються, допускають багатоваріантне розташування технологічного устаткування, зменшують площу заводської території і знижують вартість будівництва. У будівлях, що блокуються,



доцільніше розташовувати суміжні виробництва з однаковими шкідливостями і спорідненою технологією.

При складанні проекту виробничої будівлі необхідно враховувати, що об'єм приміщення на кожного працюючого повинен складати не менше 15 м<sup>3</sup>, площа кожного виробничого приміщення, виділеного стінами або глухими перегородками, має бути не менше 4,5 м<sup>2</sup> на кожного працюючого.

При розробці об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівель слід враховувати усі чинники, що визначають високу якість приміщення, вимоги технології виробництва, правильне розміщення і організацію робочих місць, раціональне розміщення технологічного устаткування, оптимальні умови освітлення, температури, вологості, колірну композицію інтер'єрів приміщень і ін.

**Одноповерхові промислові будівлі.** У одноповерховій будівлі 1 м<sup>2</sup> і 1 м<sup>3</sup> коштують дешевше, ніж в багатоповерховій будівлі; в одноповерховій будівлі зручніше розміщувати устаткування, забезпечується зручний зв'язок із зовнішньою територією; відсутні сходи і підйомники, в ній краще природне освітлення; є можливість встановити підйомно-транспортне устаткування і масивні фундаменти під важке устаткування (рис. 3.7).

За об'ємно-планувальним рішенням одноповерхові промислові будівлі підрозділяють на

- одно-, двух- і багатопролітні;
- суцільної і павільйонної забудови;
- з перепадами або без перепадів по висоті;
- із скатними або плоскими покрівлями;
- з ліхтарями і без ліхтарів.

Ширина, довжина, висота будівлі і число прольотів залежать від технологічного процесу, розмірів технологічного устаткування, пожаро- і вибухонебезпечності виробництва.

Одно- і двухпролітні будівлі зводять при малих об'ємах виробництв, а також по протипожежних або санітарних вимогах. Такі будівлі в порівнянні з багатопролітними мають ряд недоліків : великий периметр зовнішніх стін (вважаючи на одиницю площі підлоги), великі втрати тепла через поверхні зовнішніх стін і ін., що збільшує вартість одиниці виробничої площі і експлуатаційні витрати на опалювання.

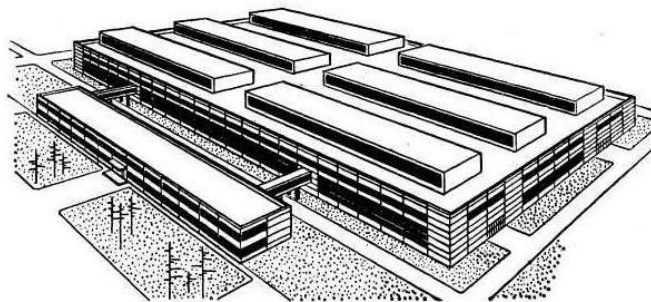


Рис. 3.7 Одноповерхова промислова будівля суцільної забудови

**Багатопрольотні промислові будівлі**, в основному, проектують з прольотами одного напрямку, однакової висоти і ширини. Якщо по технологічних вимогах необхідно запроектувати частину прольотів збільшеної висоти, то їх слід розташовувати по одну сторону від знижених прольотів. Перепади висот мають бути не менше 1,2 м, за винятком будівель з кондиціонуванням повітря.

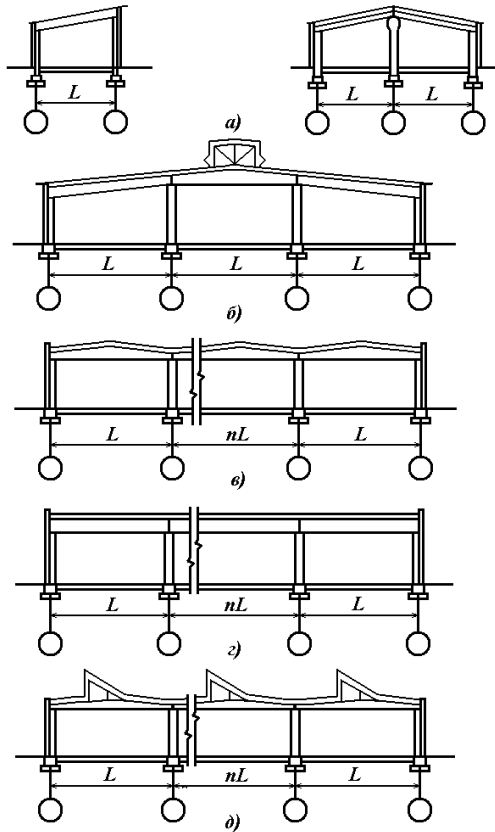


Рис. 3.8 Основні типи одноповерхових безкранових будівель (поперечні розрізи):

а – з зовнішнім водостоком, б – трьохпрольотне з зовнішнім водостоком і ліхтарем, в – багатопрольотне з «ломаним» покриттям, г – то же, з плоским покриттям, д – будівля з зубчатими ліхтарями, L – довжина прольоту

освітлення за допомогою ліхтаря (рис. 3.8, б). Багатопрольотні будівлі з плоскими покриттями без ліхтарів споруджують на підприємствах, де потрібний певний температурно-вологий режим.

**Багатоповерхові промислові будівлі.** Багатоповерхові будівлі вимагають меншої площі забудови, що веде до зниження витрат на благоустрій території, пристрій підземних комунікацій, доріг тощо. (рис. 3.9).

**Будівлі підрозділяють** на безкранові, обладнані підвісним підйомно-транспортним устаткуванням, і обладнані мостовими кранами. Основні параметри одноповерхових безкранових будівель приведені в таблиці 3.2.

У уніфікованих габаритних схемах передбачені скатні і плоскі покриття. Як конструкції, що несуть покриття, застосовують залізобетонні балки і залізобетонні ферми.

На рисунку 3.8 показані схематичні поперечні розрізи одноповерхових будівель із залізобетонним каркасом. Найбільш прості двухпрольотні і трьохпрольотні будівлі із зовнішнім водостоком (рис. 3.8, а, б), з освітленням через віконні отвори з двох сторін. Ці будівлі менш небезпечні в пожеже- і вибухонебезпечному відношенні, оскільки найбільш небезпечні виробництва можна розміщувати у зовнішніх стін або ізольованих частинах будівлі. При необхідності можна влаштувати верхнє

Основні розміри одноповерхових безкранових будівель

Проліт, м	Шаг колон, м		Висота приміщення, м
	крайніх	середніх	
6	6	6	3,6
	6	-	4,2*
	6	-	4,8*
	6	-	6*
12	6	6	3,6
	6	6	4,2
	6	6	4,8
	6	-	5,4*
	6	6	6
	6	6	7,2
18	6,12	6,12	4,8
	6,12	6,12	6
	6,12	12	7,2
	6,12	12	8,4
	6,12	12	9,6
	6,12	12	10,8
	6,12	12	12,6
	6,12	12	12,6
24	6,12	6,12	6
	6,12	6,12	7,2
	6,12	6,12	8,4
	6,12	12	9,6
	6,12	12	10,8**
	6,12	12	12,6**
	12	12	14,4
	12	12	18
	12	12	18

Примітки.1 - Габаритні схеми, відмічені\*, застосовують тільки для однопролітних будівель. 2 - Габаритних схеми, відміченої \*\*, використовують для одно- і двопролітних павільйонних будівель



Рис. 3.9 Багатоповерхова промислова будівля

Зводять їх, головним чином, на обмежених за площею ділянках і в умовах міської забудови, а також в усіх виробництвах з вертикальними технологічними процесами.

Багатоповерхові будівлі зводять, переважно, прямокутними в плані для спрощення будівельно-монтажних робіт і для зручнішого розміщення технологічного устаткування.

Висоту поверхів, розміри прольотів, крок колон, загальну довжину і ширину багатоповерхових промислових будівель визначають залежно від технологічного процесу, розмірів устаткування і внутрішньоцехового транспорту. Якщо основні будівельні параметри будівлі не обумовлені технологічними вимогами, то їх вибирають за техніко-економічними показниками будівництва, умовам природної освітленості і вентиляції будівлі. Багатоповерхові будівлі проектують по можливості більшої ширини (не менше 24 м), для будівель хімічної промисловості допускається ширина 18 м. Ширина виробничої будівлі категорії А і Б не перевищує 24 м. Ширина будівель других категорії не лімітується.

Важке технологічне устаткування, а також устаткування, пов'язане з виділенням великої кількості відпрацьованих рідин, розміщують, якщо це можливо, на нижніх поверхах. Найбільш вибухо- і пожежонебезпечні виробництва розміщують на верхніх поверхах, якщо це не суперечить технології.

Висота поверхів залежно від технологічних умов і габаритів устаткування може дорівнювати 3,6; 4,8; 6; 7,2 м та ін., кратною 1,2 м. Прольоти верхніх поверхів можуть бути збільшені до 12, 18 і 24 м (рис. 3.10).

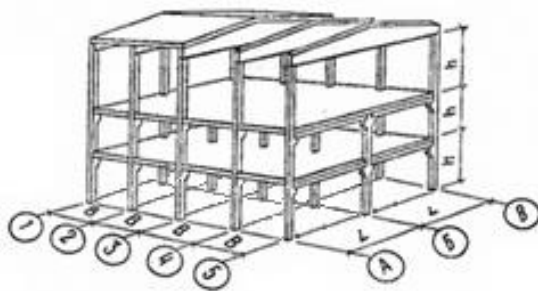


Рис. 3.10 Схема каркасної багатоповерхової будівлі з верхнім поверхом зального типу

Будівлі з однаковою сіткою колон в усіх поверхах мають безгорищеве покриття з плоскою покрівлею і з внутрішнім водостоком.

Висоту одноповерхових складських будівель IIIа і IVа ступенів вогнестійкості приймають не більше 18 м від підлоги до низу конструкцій покриття, що несе.

Ступень вогнестійкості складських будівель і приміщень в межах пожежного відсіку при застосуванні протипожежних стін або протипожежних зон типу 1 приймають відповідно до табл. 3.3.

При застосуванні протипожежних зон типу 2 площу приймають з коефіцієнтом 0,5. Площу першого поверху будівлі допускається приймати по нормах одноповерхової будівлі, якщо перекриття над першим поверхом є протипожежним типу 1. При обладнанні складських приміщень

установками автоматичного пожежогасіння площі поверхів допускається збільшити на 100 %, за винятком будівель IIIа, IIIб і IV ступенів вогнестійкості.

Таблиця 3.3

Характеристики складських будівель і приміщень  
за СНіП 2.11.01-85

Категорія складу	Число поверхів	Ступінь вогнестійкості будівель	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м <sup>2</sup> , будівель		
			одноповерхових	двоповерхових	багатоповерхових
А	1	II	5200	-	-
	1	IIIа	3500	-	-
Б	3	II	7800	5200	3500
	1	IIIа	5200	-	-
В	6	II	10500	7800	5200
	3	III	3500	2500	2200
	1	IIIа	7800	-	-
	1	IIIб	7800	-	-
	2	IV	2200	1200	-
	1	IVа	3500	-	-
	1	V	3.31200	-	-
Д	Не обмежується	II	Не обмежується		
	3	III	5200	3500	3000
	1	IIIа	Не обмежується	-	-
	1	IIIб	10500	-	-
	2	IV	3500	2200	-
	1	IVа	5200	-	-
	2	V	2200	1200	-

### 3.5 Конструктивні схеми промислових будівель і їх основні елементи

Основним матеріалом для несучих конструкцій промислових будівель є збірний залізобетон.

Усі елементи промислових будівель підрозділяються на тих, що несуть і захищають. Елементи, що несуть, сприймають навантаження. До них відносяться фундаменти, колони, балки, ферми та ін.

Елементи, що захищають, призначені для забезпечення нормального режиму температурної вологості усередині будівлі і для оберігання робітників і устаткування від дії атмосферних впливів. До конструкцій, що

захищають, відносяться зовнішні і внутрішні

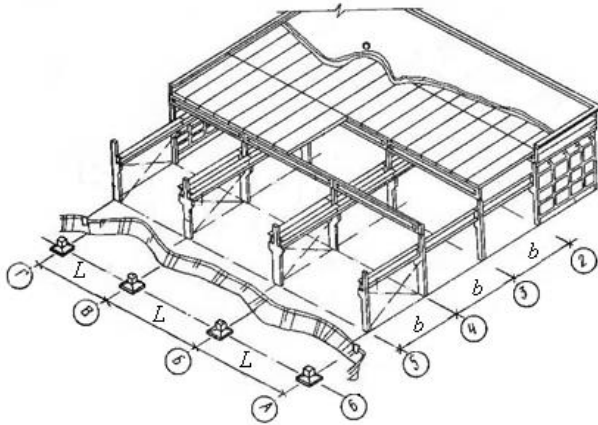


Рис. 3.11 Одноповерхова будівля із залізобетонним каркасом:  
L – проліт, b – крок колон

стіни і перегородки, верхня частина покриттів, вікна, двері, ліхтарі, підлоги і ін.

Промислові будівлі проектують за різними конструктивними схемами. За основою, що несе, розрізняють дві основні конструктивні схеми будівлі: із несучими стінами і каркасну. У безкаркасних будівлях із несучими стінами навантаження від перекриттів

сприймають тільки стіни.

Залежно від конструкції каркаса розрізняють промислові будівлі:

- з повним каркасом і навісними зовнішніми стінами;
- з повним каркасом і зовнішніми самонесучими стінами;
- з внутрішнім каркасом (без пристінних колон) і несучими стінами (будівля з неповним каркасом).

Найбільш економічною і ефективною вважають каркасну схему із самонесучими стінами (рис. 3.11 і 3.12а) (що не несуть). Будівництво будівель за цією схемою дає можливість широко застосовувати збірні типові конструкції заводського виготовлення, що, у свою чергу, дозволяє прискорити монтаж будівель і знижувати їх вартість.

У каркасних будівлях усі вертикальні і горизонтальні навантаження сприймає каркас, тобто система пов'язаних між собою вертикальних опор-колон і горизонтальних балок, ригелів або прогонів, на які укладають плити перекриттів і покриття. Зовнішні стіни в каркасних будівлях виконують тільки роль обгороджування. Міцність і стійкість каркаса в поперечному напрямі забезпечують поперечні рами, які утворюються із збірних залізобетонних колон і ригелів. Ригель з колоною сполучаються зварюванням випусків арматури або зварюванням заставних деталей ригеля і консолей колон з наступним замонолічуванням стику.

Рідше застосовують схему з неповним (внутрішнім) каркасом і стінами (рис. 3.12, б), що несуть. У цих будівлях навантаження сприймаються внутрішніми колонами і стінами, що несуть, які виконують також роль конструкцій, що захищають.

Будівлі, побудовані за такою схемою, мають істотний недолік – збільшуються витрати праці при зведенні стін, оскільки в більшості випадків їх викладають з цеглини.

Нині промислові будівлі проектують переважно із збірних конструкцій з повним каркасом.

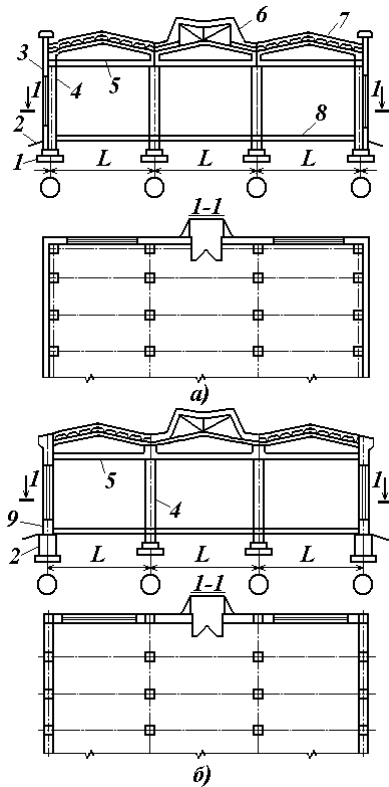


Рис. 3.12 Конструктивні схеми будівель:

а – каркасної із стінами, що самонесучі; б – будівлі з неповним каркасом і стінами, що несуть; 1 – стовпчасті фундаменти; 2 – фундаментні балки; 3 – стіни самонесучі; 4 – колони; 5 – несучі конструктивні покриття (залізобетонні балки); 6 – ліхтар; 7 – плити покриття; 8 – підлога; 9 – несучі стіни; L – довжина прольоту

### 3.5.1 Фундаменти

Фундаментом називається підземна частина будівлі і споруди, що сприймає і передає навантаження від будівлі на основу, тобто на товщу ґрунту, що пролягає нижче. Залежно від характеру зусиль, що діють на фундамент, несучої здатності і глибини промерзання ґрунтів, наявності ґрунтових вод, комунікацій, маси устаткування і його габаритів, з урахуванням типу промислової будівлі, вимог експлуатації і капітальності проектують фундаменти:

- стрічкові (балочні);
- стовбчасті (що окремо стоять);
- палі;
- суцільні (у вигляді монолітної залізобетонної плити під всією площею будівлі або споруди).

**Стрічкові фундаменти** будують в слабких або просадкових ґрунтах при важких тимчасових навантаженнях. Їх виконують із збірного або монолітного залізобетону. Збірні стрічкові фундаменти в даний час роблять з крупних бетонних або залізобетонних блоків-подушок різних розмірів, які визначають розрахунком або приймаються типові (рис. 3.13). Суцільні монолітні фундаменти приведені на рис. 3.14. Їх фундаменти застосовують при несприятливих геологічних і гідрогеологічних умовах майданчика будівництва. Конструктивно їх виконують так, що вони утворюють суцільну залізобетонну плиту під всією будівлею або спорудою товщиною від 500 до 1500 мм.

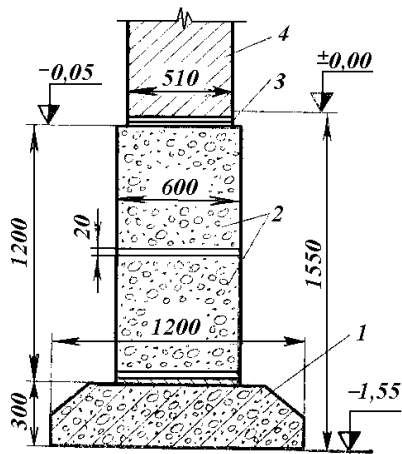


Рис. 3.13 Стрічковий фундамент з прямокутних блоків із залізобетонною подушкою для несучих стін:

1 – залізобетонна подушка; 2 – фундаментні бетонні блоки; 3 – гідроізоляція; 4 – цегляна стіна (розміри блоків, подушки, стіни і глибина заставляння підшови прийняті умовно)

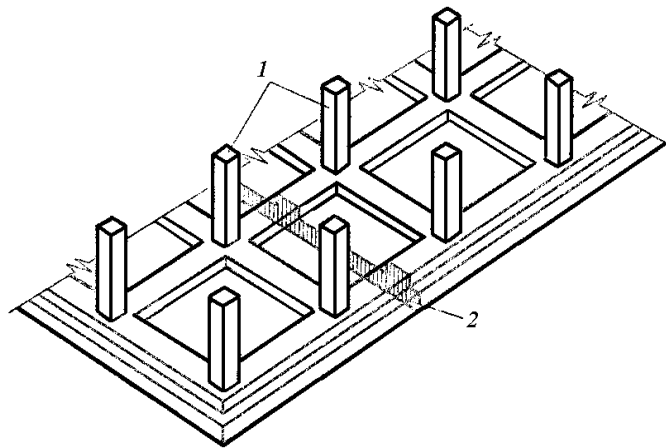


Рис. 3.14 Суцільний монолітний фундамент :

1 – колони;  
2 – монолітна залізобетонна плита

**Стовбчасті фундаменти** найбільш поширені для каркасних одноповерхових і багатоповерхових промислових будівель. Для кожної колони каркаса проектують окремий фундамент з підколонниками (башмаками) склянкового типу, а стіни зводять з опорою на фундаментні балки. На рисунку 3.15 показаний збірний залізобетонний башмак склянкового типу.

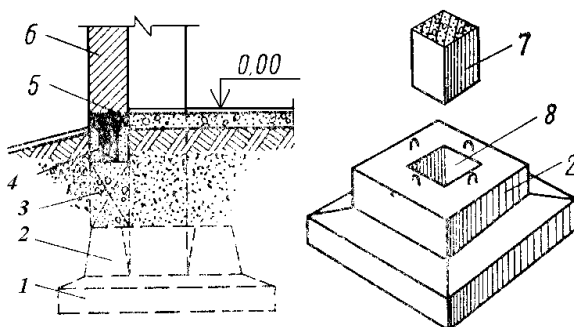


Рис. 3.15 Збірний залізобетонний підколонник склянкового типу:

1 – піщана підготовка; 2 – підколонник; 3 – бетонний стовпчик; 4 – фундаментна балка; 5 – гідроізоляція; 6 – стіна; 7 – колона; 8 – гніздо для колони

**Фундаменти на палях** проектують у випадках залягання у поверхні землі відносно слабких шарів ґрунту, водонасичених або з високим



розташуванням ґрунтових вод. Залізобетонні палі для фундаментів промислових будівель зазвичай випускають квадратного або круглого (трубчастого) перетину. При невеликому тиску на такі фундаменти застосовують палі завдовжки 4-7 м з перетином 200×250 мм, а при довжині 6-10 м – 300×350 мм.

Після забивання паль в проектне положення головні частини їх вирівнюються і зв'язуються монолітним або збірним залізобетонним ростверком, який одночасно служить підколонником (рис.3.16).

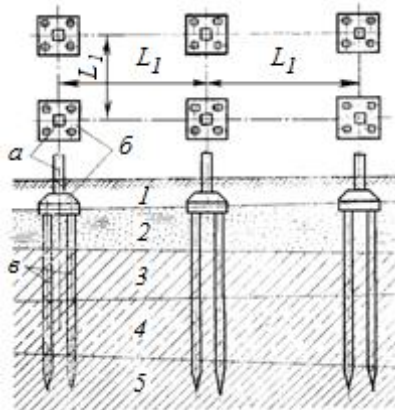


Рис. 3.16 Схема основи на палях:

1 – насипний ґрунт;  
2 – слабкий ґрунт; 3,4 – ґрунти середньої щільності; 5 – щільний ґрунт; а – колони; б – ростверки; в – палі

Застосування фундаментних балок полегшує прокладку під стінами різних комунікацій, тунелів, каналів і інших пристроїв.

Вибір конструктивного рішення фундаменту залежить від конструктивних особливостей будівлі або споруди, величини діючих навантажень, їх характеру і здатності основи, що несе.

**Фундаментальні балки (рандбалки)** слугують для опирання самонесучих і навісних стін по периметру промислової будівлі. Укладку залізобетонних фундаментних балок здійснюють на спеціальні бетонні стовпчики (рис. 3.17).

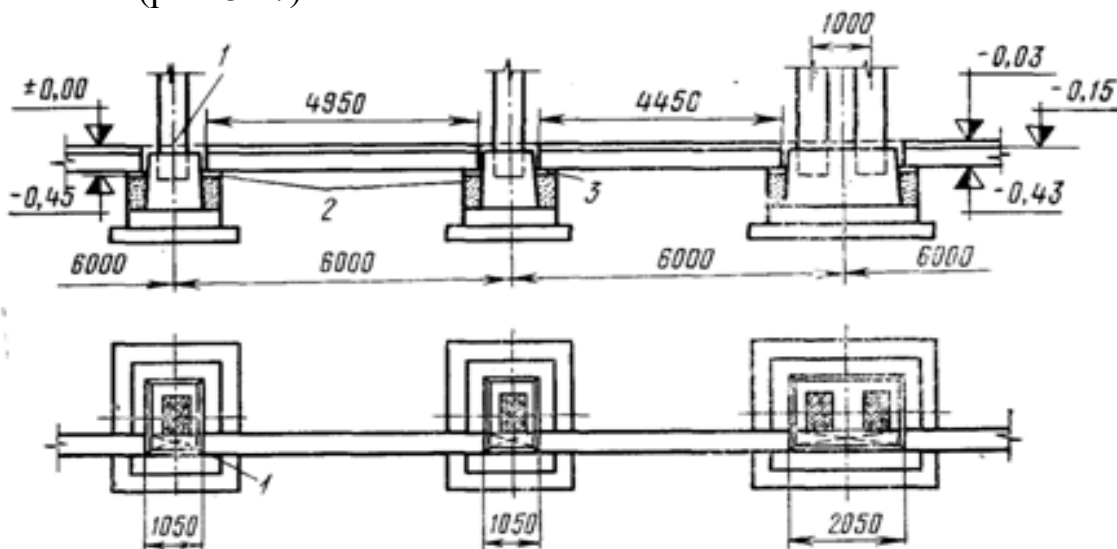


Рис. 3.17 Залізобетонні фундаментні балки:

1 – бетонування по місту; 2 – бетонний стовпчик; 3 – цемент.

Застосування фундаментних балок полегшує прокладку під стінами різних комунікацій, тоннелей і т. ін. Фундаментну балку укладають так, щоб верхня грань її була вище поверхні ґрунту, але завжди нижче поверхні підлоги.

При кроці колон 6 м залізобетонні фундаментні балки випускають таврового перерізу висотою 0,4 м з шириною полки 0,3; 0,4; 0,52 м і довжиною 4,95 м.

### 3.5.2 Колони одноповерхових і багатоповерхових будівель

**Колони** – елементи каркасної будівлі, що вертикально несуть, – можуть виконуватися із залізобетону і сталі.

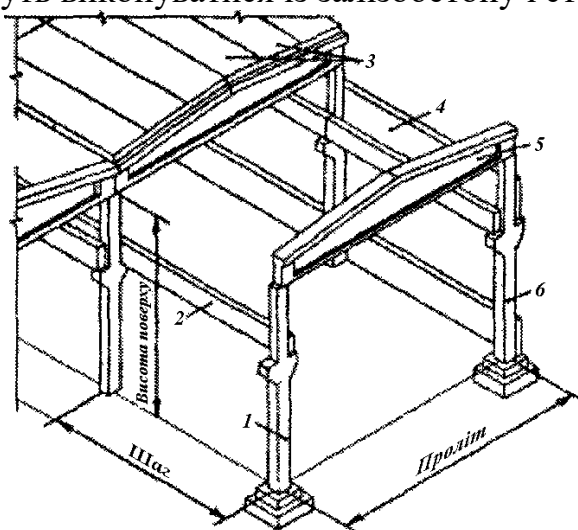


Рис. 3.18 Конструктивні елементи каркасної будівлі:

1 – середня колона, 2 – підкронна балка, 3 – плити перекриття, 4 – стінна панель, 5 – підкронна балка, 6 – пристінна колона

Окрім вертикальних навантажень, колони сприймають також горизонтальні навантаження від вітру, гальмування кранів та ін. і забезпечують просторову жорсткість будівлі в цілому.

Для зведення багатоповерхових промислових будівель застосовують збірні залізобетонні колони квадратного і прямокутного перетину заввишки на один, два, три поверхи.

За розташуванням в будівлі колони підрозділяють на крайніх і середніх (рис. 3.18).

Колони крайніх рядів (пристінні) мають однобічні консолі (рис. 3.19а), а середні – двобічні консолі для спирання ригелів (рис. 3.19б). Розміри колони приймають залежно від висоти поверху. Типові залізобетонні колони розроблені для багатоповерхових будівель з висотами поверхів 3,6; 4,8; 6,0; 7,2 і 10,8 м.

**Фахверк** – стійка, яка не бере участь в просторовій роботі каркаса, а тільки передає на інші елементи каркаса навантаження від дії вітру і маси стін. Колони фахверків застосовують для кріплення торцевих і подовжніх самонесучих стін в одноповерхових промислових будівлях.

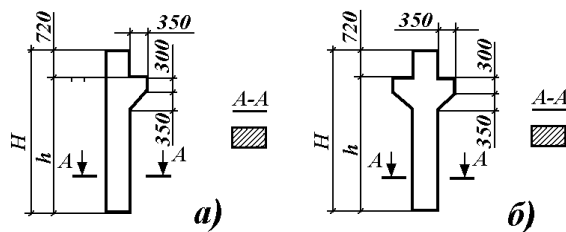


Рис. 3.19 Колони:

- а – пристінна; б – середня  
 1 – одnobічна консоль;  
 2 – двобічна консоль

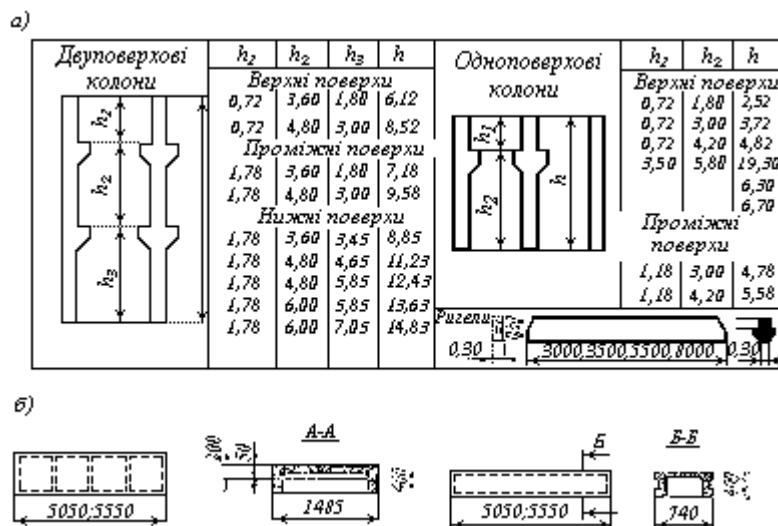


Рис. 3.20 Номенклатура збірних залізобетонних елементів заводського виготовлення для каркасів багатопверхових будівель (а) і плити перекриттів (б)

Для одноповерхових виробничих будівель хіміко-фармацевтичної промисловості застосовують уніфіковані колони із збірного залізобетону заводського виготовлення (рис. 3.20а). Колони мають квадратний, прямокутний або двовіткоподібний перетин. Їх проектують для промислових будівель, не обладнаних мостовими кранами і призначених під навантаження крана.

Колони квадратного і прямокутного перетину мають наступні уніфіковані розміри: 400×400, 400×600, 400×800, 500×500, 500×600 і 500×800 мм.

У залізобетонних колонах (тільки у крайніх) є сталеві заставні елементи з анкерними болтами для кріплення ферм, вертикальних зв'язків, підкранових балок і стінних панелей.

Колони багатопверхових будівель із збірного залізобетону мають два види перетинів – 400×400, 400×600 мм (типове рішення) (рис. 3.20а).

Ригелі перекриттів промислових будівель для прольотів 6 і 9 м мають однакову висоту перетину 800 мм (рис. 3.20а).

Основними несучими елементами перекриттів є ребристі залізобетонні плити з номінальною довжиною 6м і шириною 1,5м, а добірні – 0,75м (рис. 3.20 б).

Уніфіковані габаритні схеми багатопверхових промислових будівель приведені на рис. 3.21.

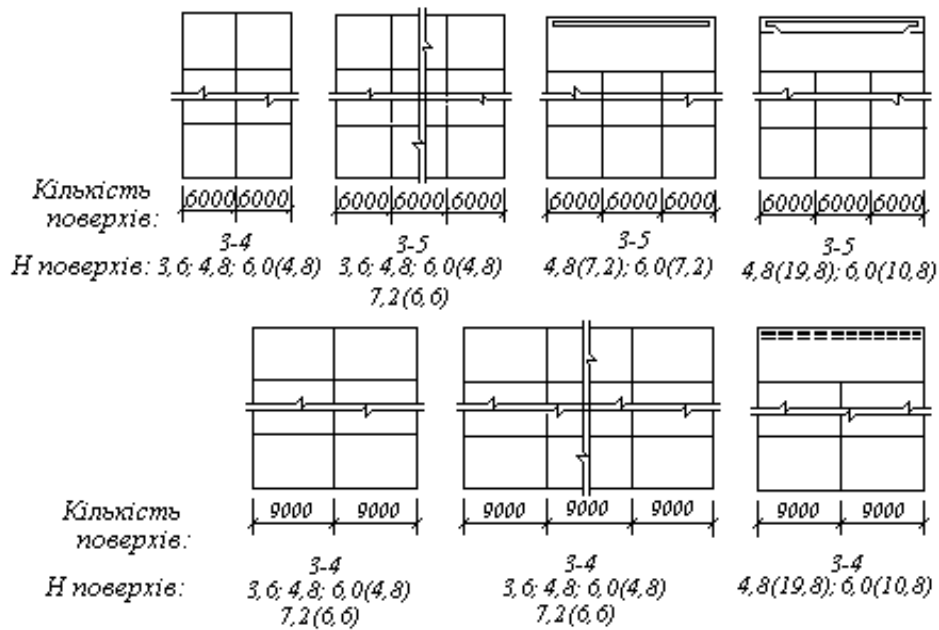


Рис. 3.21 Уніфіковані габаритні схеми багатопверхових промислових будівель

### 3.5.3 Переkritтя

Переkritтями називаються горизонтальні конструкції, що розділяють внутрішній простір будівлі по висоті на поверхи. Переkritтя несуть навантаження від устаткування, людей та ін. і передають їх на колони або стіни. Переkritтя повинні забезпечувати достатню звукоізоляцію, бути вогнетривкими, в мокрих приміщеннях – водонепроникними, а в приміщеннях з шкідливими виділеннями – газонепроникними. Переkritтя можуть бути балочними або безбалочними. Балочні переkritтя виконуються головним чином збірними залізобетонними. Вони складаються з елементів двох основних видів : ригелів (балок), що розташовуються упоперек будівлі, і плит переkritтів, що розташовуються уздовж будівлі.

**Ригелі.** Ригелі (рис. 3.22) застосовуються двох типів: для прольотів 6 м – прямокутного перетину (рис. 3.22, а) з спиранням плит переkritтя по верху ригеля і для прольотів 6 і 9 м - з бічними полицями для обпирання плит (рис. 3.22, б).

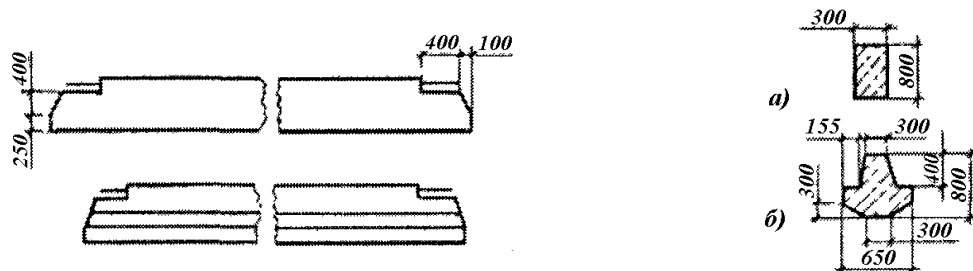


Рис. 3.22 Ригелі

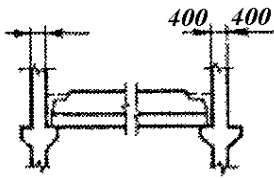


Рис. 3.23 Ригель міжповерхових перекриттів

Ригелі прямокутного перетину застосовують в перекриттях, в яких встановлюють "провисаюче устаткування". Приклад розташування ригеля наведений на рис. 3.23.

**Плити перекриттів.** Плити перекриттів промислових будівель застосовують, головним чином, ребристі (рис. 3.24). По ширині плити розділяють на основних і добірні. Добірні плити укладають у зовнішніх подовжніх стін.

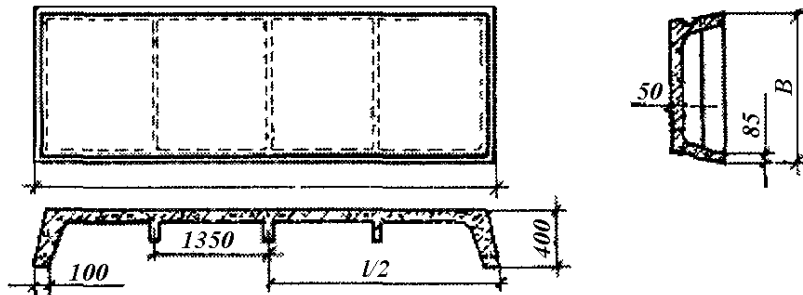


Рис. 3.24 Плити перекриттів

Для варіанту перекриття, коли плити спираються по верху ригелів, основні плити мають розміри 6,0x1,5 м, а добірні – 5,55x0,659 і 5,050x0,75 м. Для варіанту, коли плити спираються на полиці ригелів основні плити мають розміри 5,55x1,50 і 5,05x1,50 м. Останні укладаються у торців будівлі і у деформаційних швів.

Приклад чотириповислової будівлі із збірними залізобетонними перекриттями показаний на рис. 3.25.

**Покриття.** Покриттям називають верхню конструкцію, що захищає, оберігає будівлю від атмосферних опадів. Покриття складається з несучих конструкцій - балок або ферм, настилу, теплоізоляції і покрівлі – гідроізоляційної оболонки.

Один із прикладів такої конструкції приведено на рис. 3.26

**Несучі конструкції покриттів.** При кроці колон 6 м несучі конструкції покриття, звані кроквяними, розташовують, як правило, упоперек будівлі і спирають безпосередньо на колони (рис. 3.27 а).

При кроці колон 12 м часто застосовують підкроквяні конструкції; що розташовуються подовжньо, вони служать опорами для будівельних конструкцій при укладанні їх з кроком 6 м (рис. 3.27б). Їх широко використовують для будівель з прольотами до 18 м.

Для зниження маси балок, а також для створення можливості монтувати під покриттям трубо-, повітряпроводу та інші інженерні комунікації у вертикальних поверхнях балок роблять отвори різної геометричної форми. Балки з прольотом більше 12 м за високої маси і громіздкості роблять роз'ємними, з наступною зборкою їх на будівельному майданчику.

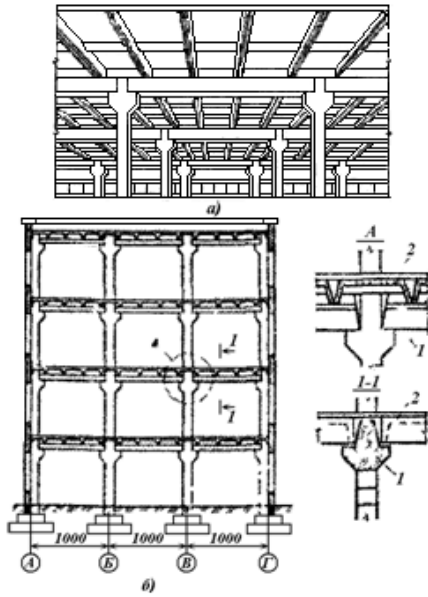


Рис. 3.25  
Чотириповерхова  
будівля із збірними  
залізобетонними  
перекриттями  
а – загальний вигляд, б –  
поперечний перетин; а – вузол  
1 – ригель; 2 –  
залізобетонна ребриста плита

При прольотах 6 і 9 м балки мають тавровий перетин з висотою на опорі від 0,59–0,89 м, а для прольотів 12 і 18 м – двотавровий перетин з висотою на опорі від 0,79–1,49 м (рис. 3.28).

З'єднання балок з іншими елементами будівлі здійснюється за рахунок заставних елементів.

**Сегментні кроквяні ферми** застосовують для устрою скатних покриттів з ліхтарями або без них. Верхній пояс ферми має сегментний контур з прямолінійними ділянками між вузлами і прямолінійний нижній пояс. Грати складаються із стійок і похилих елементів - розкосів. Ферми застосовують для переkritтя прольотів в 18, 24 і 30 м (рис. 3.29).

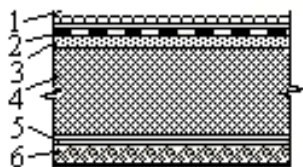


Рис. 3.26 Покриття з  
рулонною кровлею  
1 – захисний шар; 2 –  
водоізоляційна ковдра; 3 –  
стяжка цементна; 4 –  
утеплювач; 5 –  
пароізоляція; 6 – несуча плита

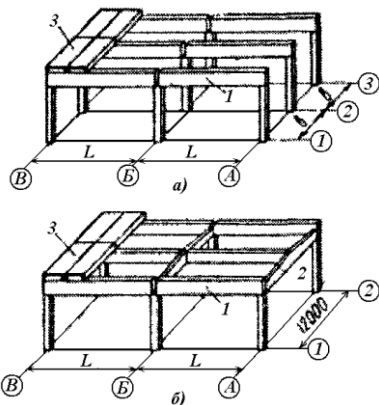


Рис. 3.27 Схеми покриттів  
будівель з кроквяними і  
підкроквяними конструкціями  
а – з кроквяними  
конструкціями; б) те ж,  
з підкроквяними  
1 – стропила; 2 – підкроквяні  
конструкції; 3 – панелі покриття

### 3.5.4 Стіни і перегородки

**Зовнішні стіни.** Стіни каркасних промислових будівель виконують з цеглини, блоків, панелей і з листових матеріалів. Застосування цегляних стін в каркасних будівлях різко знижує міру індустріалізації будівництва, внаслідок чого таке рішення має бути обґрунтоване у кожному окремому випадку.

За призначенням стіни підрозділяють на зовнішніх і внутрішніх. Стіни промислових будівель мають бути досить міцними, довговічними, стійкими, мати необхідну міру вогнестійкості, мати мінімальну масу і вартість, а в опалювальних будівлях забезпечувати усередині приміщення необхідний температурно-вологистий режим.

Зовнішні цегляні стіни мають товщину 640 мм (2,5 цеглини) і 510 мм (2 цеглини).

Залежно від конструктивної схеми і ролі, що виконується стінами, вони можуть бути несучими і навісними.

Несучі стіни сприймають усі вертикальні і горизонтальні навантаження і передають їх на фундамент.

Самонесучі і навісні стіни, не сприймають навантажень і є такими, що тільки захищають, а навантаження від перекриттів, покриттів, вітрові і інші навантаження сприймають колони. Навісні стіни, що складаються з окремих плит або панелей, навішуються на колони.

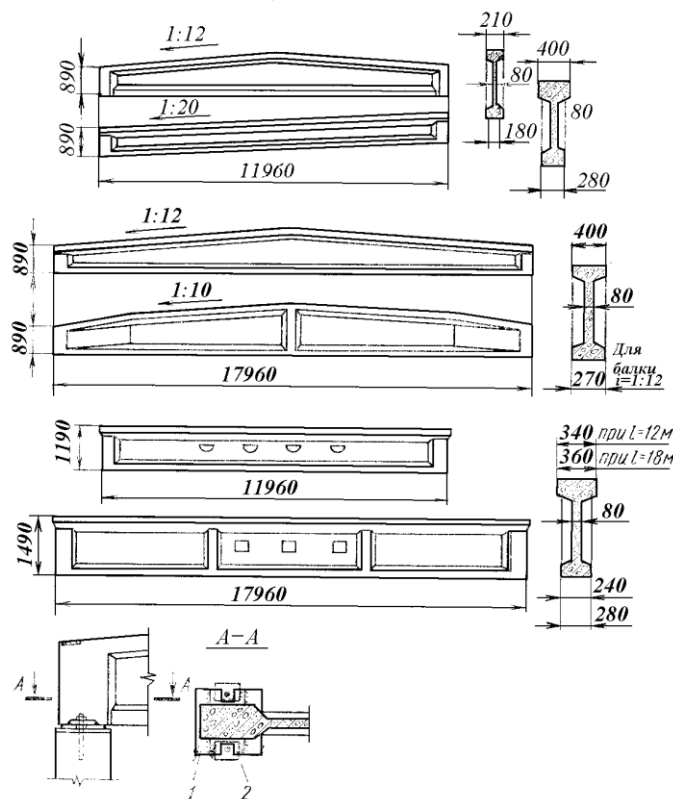


Рис. 3.28 Залізобетонні балки покриттів:

а – для скатних покриттів; б – для плоских покриттів; в – деталь кріплення балки до колони; 1 – заставний елемент колони; 2 – опорний лист балки (ферми)

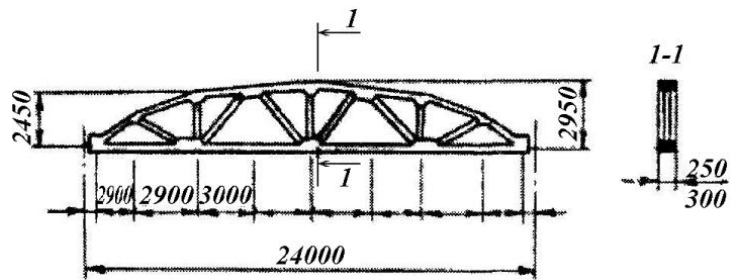


Рис. 3.29 Сегментна кроквяна ферма

Панельні стіни опалювальних зданий виконують при довжині 6 м завтовшки 160, 200, 240, 300 мм.

**Внутрішні стіни** розділяють будівлю на окремі приміщення. Внутрішні капітальні цегляні стіни мають товщину 380 мм (1,5 цеглини). Перегородки – легкі стіни, що розділяють приміщення на окремі частини: кімнати, коридори і тому подібне – виконують завтовшки 250 мм (1 цеглина) і 125 мм (0,5 цеглини).

Стіни із залізобетонних і пористобетонних панелей володіють високою індустріальністю, покращують якість і знижують масу будівель, трудомісткість їх на 30-40 % менше, ніж у стін з цеглини. Для промислових опалювальних будівель випускають одношарові, двошарові і тришарові панелі. Довжина панелей 6 і 12 м, висота основних типів панелей 1,2 і 1,8 м, товщину їх в цілях уніфікації форм сталеві опалубки приймають 200, 240 і 300мм.

Для стін неопалювальних промислових будівель застосовують залізобетонні ребристі і часторебристі панелі завдовжки 6 і 12 м (рис. 3.30), заввишки 0,9; 1,2; 1,8 і 2,4 м, товщиною ребер 100мм (часторебристих), 120мм (ребристих з кроком колон 6 м) і 300мм (ребристих для кроку 12 мм).

**Перегородки** проектують з матеріалів, що не горять або важко згорають. За своїм призначенням їх ділять на тих, що вигороджують, і розділювальні.

Перегородки, що вигороджують, влаштовують збірно-розбірними на висоту від 2,2 до 3 м (не доходять до стелі) для огорожі приміщень цехових контор, інструментальних комор, проміжних складів і інших допоміжних цілей. Залізобетонні перегородки виготовляють суцільного перетину з легких бетонів (керамзитобетону, гіпсобетону та ін.) і з важкого армованого бетону. Панельні перегородки мають довжину 6 м, висоту 1,2 і 1,8 м при товщині від 70 до 120 мм.

Розділювальні перегородки (суцільні на всю висоту цеху) повністю ізолюють приміщення з різними виробничими процесами і відокремлюють шкідливі виробництва, перешкоджають проходженню газів, вологи, тепла, пилу та шуму. Такі перегородки виконують з цеглини, блоків, залізобетонних і пористобетонних панелей завдовжки 6 м, заввишки 1,2 і 1,8 м при товщині 0,07–0,08 м.



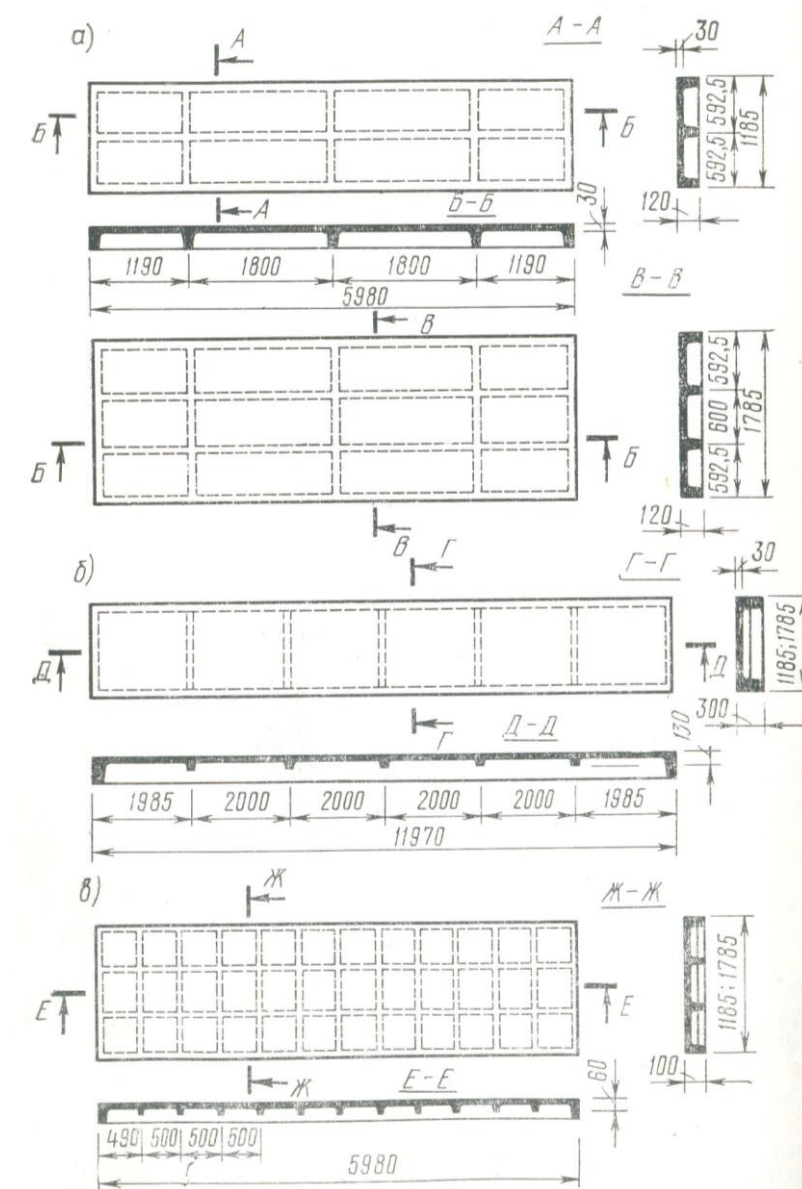


Рис. 3.30 Залізобетонні панелі для стін неопалювальних будівель  
а, б – ребристі; в - часторебристі

### 3.5.5 Сходи

**Сходи.** Залежно від призначення сходи промислових будівель підрозділяють на основні, службові, аварійні, пожежні (рис. 3.31).

Основні сходи призначені для повсякденного сполучення між поверхами і евакуації людей на випадок пожежі. Вони мають бути міцними, зручними, задовольняти вимогам пропускнуї спроможності. У багатоповерхових будівлях сходи розташовують в захищених капітальними стінами приміщеннях-шахтах – сходових клітинах.

Сходи складаються з маршів і майданчиків. Сходовий марш – це похилий елемент сходів зі східцями. Сходовий майданчик –

горизонтальний елемент сходів між маршами. Розрізняють основні сходові майданчики на рівнях поверхів і проміжні – для переходу з одного маршу на інший. Ширина сходових маршів, згідно з протипожежними нормами, визначається залежно від кількості людей, що знаходяться в найбільш населеному поверсі, окрім першого, з розрахунку не менше 0,6 м ширини на 100 осіб.

Незалежно від числа осіб, що користуються сходами, ширина маршів основних сходів має бути не менше 1,05 і не більше 2,2 м з числом східців не менше 5 і не більше 16. Ширина майданчиків робиться не менше ширина маршів. Розмір східців сходів приймають 150x300мм, де 150 – вертикальний розмір (підсходинок), а 300 – горизонтальний розмір ступеня (проступь).

У промисловому будівництві найбільшого поширення набули сходи із збірних залізобетонних елементів у вигляді маршів і майданчиків з повною обробкою поверхні.

Типові сходи розроблені для усіх багатопверхових будівель з висотою маршу 1200мм і шириною маршу 1350мм, з розміщенням їх в сходових клітинах з цегляними стінами. Сходові клітини виконують як споруди, що окремо стоять, з несучими цегляними стінами завтовшки 380мм.

Сходи можуть розміщуватися в будь-якому осередку будівлі з сіткою колон 6x6 або 9x6 м, за винятком зв'язкових осередків і осередків, що примикають до торців будівлі і температурних швів будівлі (рис. 3.32).

Сходи, розміщені у зовнішніх стін будівлі, повинні мати природне освітлення через віконні отвори сходових клітин.

Сходові майданчики спираються на стіни сходової клітини, а марші - на майданчики.

**Службові сходи.** Службові сходи застосовуються в промислових будівлях для огляду і обслуговування технологічного устаткування, розміщеного на різних відмітках. Такі сходи також складаються з маршів і майданчиків, але виконуються з металу.

При висоті маршів 60, 1200, 1800, 2400, 3000 і 4200мм сходів встановлюють з кутом нахилу 45 і 60°; при висоті 4800, 5400 і 6000 мм – з кутом 60°; при висоті вище 6000 мм сходи можуть встановлюватися вертикально.

Ширину маршів і майданчиків приймають 600, 800 і 1000 мм. Висоту східців приймають 200 мм в маршах з ухилом 45° і 300 мм в маршах з ухилом 60°; глибину східців приймають 200 мм. Марші і майданчики повинні мати обгороджування. Настил майданчиків роблять з посічно-витяжного листа завтовшки 5 мм, а східці – із сталевих смуг завтовшки 4 мм або з круглих стержнів діаметром 18 мм.

**Аварійні сходи** служать для евакуації людей з поверхів при аваріях і пожежах. Такі сходи встановлюють зовні будівель з ухилом не більше 45°. Вони мають майданчики на рівні підлоги кожного поверху з пристроєм виходів на них з приміщень.

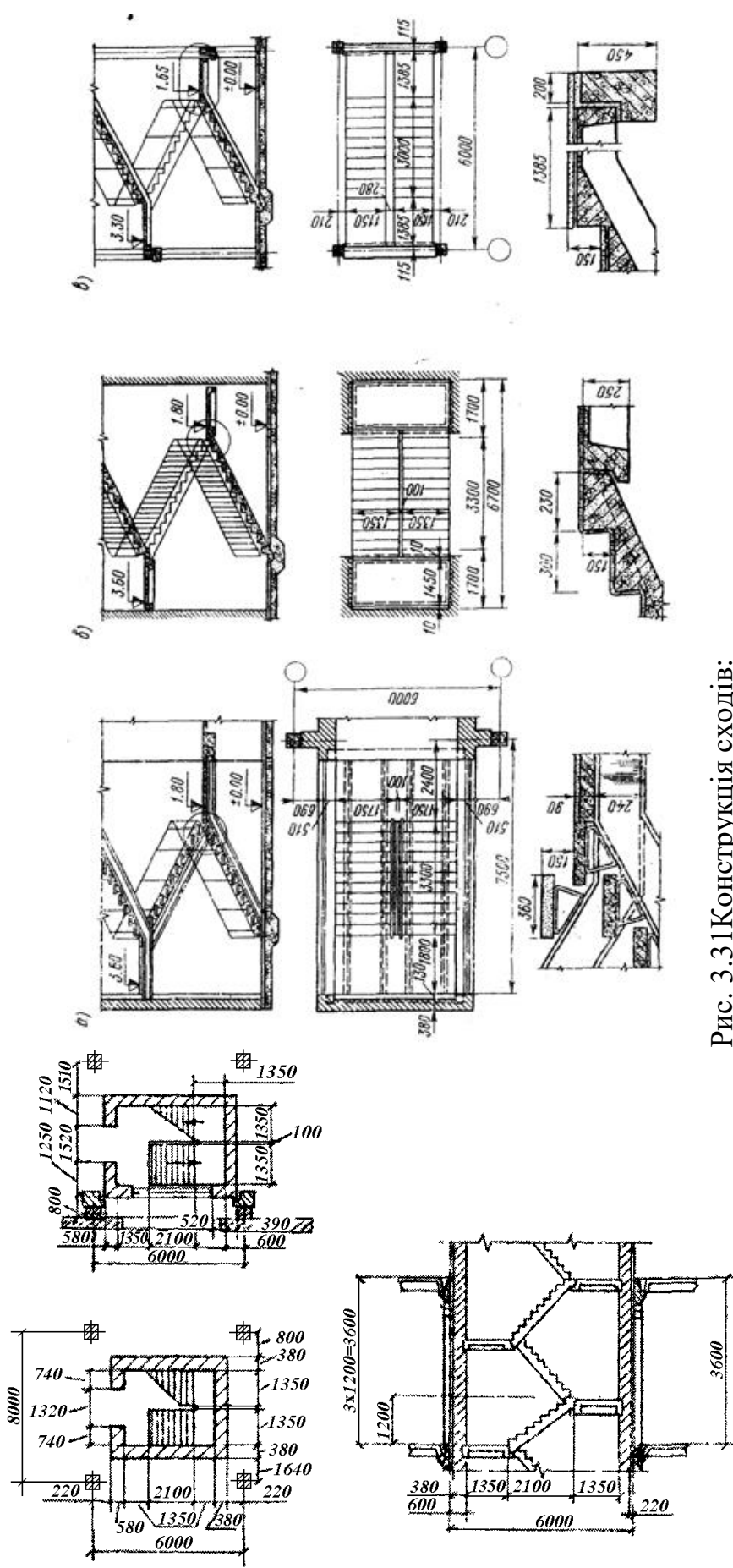


Рис. 3.31 Конструкція сходів:  
а – із залізобетонних ступенів по сталевих кошурах; б – зі збірних

Рис. 3.32 Сходи

**Пожежні сходи** влаштовують зовні будівель. Вони призначені для підйому на дах під час пожежі.

### 3.5.6 Ліфти

**Пасажирські і вантажні ліфти** проектують такими, що блокуються зі сходовими клітками, створюючи транспортні вузли.

При великій протяжності будівель ліфти розміщують ще і по довжині будівель. Машинне приміщення ліфтів розташовують у верхній частині будівель над шахтою або в підвальному приміщенні під нею. Найбільш поширено верхнє розташування машинного приміщення.

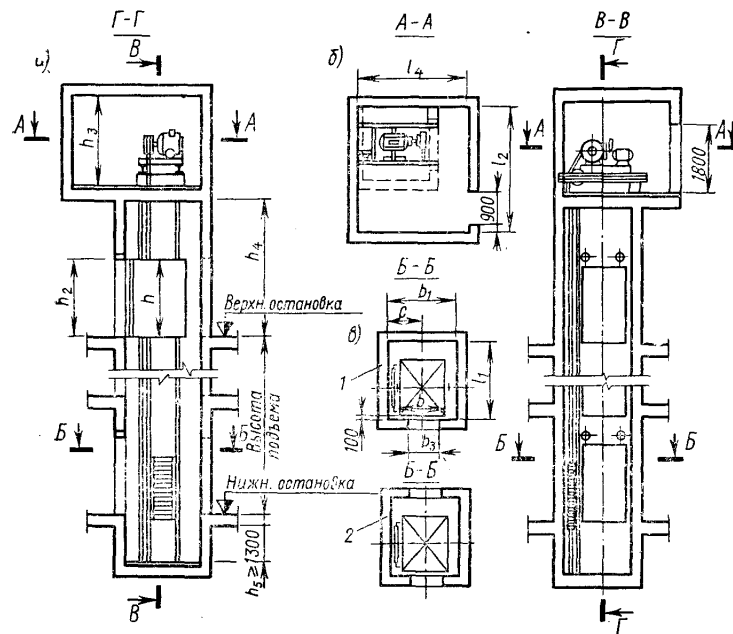


Рис. 3.33 Ліфт

а – перетин по ліфтовій шахті; б – план машинного приміщення; в – план ліфтової шахти; 1 – непрохідна кабіна; 2 – прохідна кабіна

### 3.5.7 Підлоги

До підлог виробничих приміщень залежно від їх призначення пред'являються різні вимоги: механічна міцність проти дії статичних і динамічних навантажень; опірність стиранню і знепиленню; безшумність при русі транспорту; хімічна стійкість при дії агресивних реагентів; стійкість проти високих температур в гарячих цехах; водостійкість і водонепроникність в цехах з мокрими процесами; безіскровість у вибухонебезпечних приміщеннях. Крім того, підлоги повинні задовольняти санітарно-гігієнічним вимогам при їх експлуатації, бути економічними і індустріальними у виконанні.

Підлоги складаються з покриття – верхнього шару, що безпосередньо піддається експлуатаційним діям, і підстиляючого шару, що передає навантаження від підлоги на основу. Крім того, до складу підлоги можуть входити: прошарок – проміжний шар, що влаштовується для

вирівнювання поверхні шару, що пролягає нижче, або перекриття, надання покриттю заданого ухилу, скріплення покриття з шаром, що пролягає нижче, та ін.; гідроізоляція; теплоізоляція, а також звукоізоляційний шар.

У приміщеннях з підвищеною дією хімічних реагентів застосовують пластобетонні покриття. Пластобетонами називають безцементні і безводні бетони, в яких цемент повністю замінений полімерними матеріалами. Основними компонентами пластобетонів є полімер (фенольний, фуриловий або поліестер), отверджувач (сульфоокислоти, полібутилтітанит, хлоридна кислота), заповнювач (пісок, гравій та ін.) і добавки (пластифікатор, розчинник, барвник).

Міцністю і довговічністю характеризуються полівінілацетатні покриття. Проте такі підлоги не дозволяється застосовувати в приміщеннях, де на них можуть впливати кислоти і їх розчини, а також в приміщеннях з підвищеною вологістю. Покриття виготовляють з суміші полівінілацетатної емульсії, мінерального пилоподібного наповнювача (мелений пісок, мармур та ін.), мінерального пігменту і води.

У цехах хіміко-фармацевтичної промисловості часто застосовують покриття з шлакоситалу. Вони мають хорошу хімічну стійкість і високу міцність.

На вибухонебезпечних виробництвах для покриттів підлоги застосовують матеріали, які не створюють іскріння при ударі, а також від виникнення розрядів статистичної електрики та інших чинників (асфальтобетон з наповнювачем – вапняку).

### **3.5.8 Вікна і ліхтарі**

Створення у виробничих приміщеннях оптимального освітлення є найважливішою умовою високопродуктивної праці, культури виробництва і зниження виробничого травматизму.

Освітлення виробничих приміщень природним світлом може бути бічним – через віконні прорізи, розташовані в зовнішніх стінах, верхнім – через ліхтарі або комбінованим (бічне і верхнє).

Прорізи – це отвори в стінах і перегородках для пристрою в них вікон і дверей. Заповнення віконних прорізів складається з віконних коробок і зашкленних палітурок, підвіконної дошки і зовнішнього зливу.

Ліхтарі – це зашклені надбудови над отворами в покриттях, що призначаються для освітлення природним світлом будівель шириною більше 18 м і аерації. Світлові ліхтарі мають ряд істотних недоліків і в останні роки їх застосовують рідко. Ліхтарі ускладнюють конструкції покриттів, збільшують навантаження і підвищують вартість покриттів на 10 % і більш.

Місця розташування віконних прорізів і їх розміри вибирають на підставі світлотехнічного розрахунку і виходячи з умови забезпечення найбільш сприятливого освітлення робочих місць з урахуванням кліматичних, експлуатаційних, гігієнічних і економічних вимог. Проте із

збільшенням ширини будівель роль бічного природного освітлення знижується.

Світлові прорізи в зовнішніх стінах влаштовують у вигляді окремих вікон або у вигляді стрічок і суцільні. При стрічковому і суцільному склінні освітлення набагато краще, ніж при окремих вікнах, проте надмірно велика площа скління викликає в літній час перегріву, а в зимове – охолодження приміщень. Крім того, 1 м<sup>2</sup> заклоєної поверхні коштує дорожче 1 м<sup>2</sup> глухої стіни.

Орієнтовні норми площі світлових прорізів у відсотках від площі підлоги у виробничих приміщеннях складають: для грубих робіт – 12, для точних – 20.

Заповнення віконних прорізів може бути подвійним або одинарним залежно від розрахункового перепаду температур зовнішнього і внутрішнього повітря, виду будівель і приміщень.

Віконні палітурки в промисловому будівництві роблять дерев'яними, сталевими, залізобетонними, а останнім часом - пластиковими.

Залізобетонні палітурки виготовляють заввишки 1200 мм, шириною 1500, 2000, 3000 і 6000 мм.

У будівлях із стінами з панелей доцільно застосовувати стрічкові віконні отвори із заповненням із заклоєних залізобетонних панелей. Розміри стінних віконних панелей приймають однаковими з розмірами глухих стінних панелей, тобто заввишки 1200 і 1800 мм, завдовжки 6000 і 12000 мм.

**Залізобетонні рами** доцільно застосовувати в цехах з підвищеною і високою вологістю повітря, вони вогнестійкі, несхильні до загнивання і корозії, менш металоємні в порівнянні із сталевими конструкціями вікон і дешевше в експлуатації. Залізобетонні рами комплектують без віконних коробок потрібної ширини і висоти восьми типорозмірів: висота перших чотирьох – 1085 мм. Чотирьох інших – 1185 мм, а ширина їх для обох типів – 1490, 1990, 2985 і 3985 мм.

**Сталеві рами** застосовують із спеціальних прокатних профілів в гарячих цехах, а також в будівлях з нормальним вологотемпературним режимом. Допускається їх застосування і в будівлях при підвищеній вологості повітря.

Проектні розміри сталевих рам прийняті за шириною 1395 і 1860 мм при висоті їх 1176 і 2352 мм. Конструктивно їх виконують із спеціальних гарячекатаних профілів шести типів: куточків 25×35×33 мм, таврів висотою 35 мм і елементів складного профілю.

**Дерев'яні рами** застосовують в будівлях з нормальним температурним режимом. Заповнення віконних отворів і вітражів дерев'яними рамами здійснюють з коробок і стулок. Коробки з рамами встановлюють у віконні отвори в один або декілька ярусів і закріплюють їх сталевими йоржами до дерев'яних пробок в стінах. Щілини між стіною і коробкою законопачують клоччю, змоченою в гіпсовому розчині. Отвори

заповнюють віконними блоками з номінальними розмірами їх по ширині 1461, 2966, 4490, 1445, 2693, 2943 мм і висоті 1164, 1764, 1182, 1782мм.

В порівнянні з рамами із сталі або залізобетону дерев'яні рами прості у виготовленні, мають меншу масу, порівняно малу будівельну вартість, але вони менш довговічні унаслідок того, що схильні до загнивання, викривлення і горіння.

### 3.5.9 Двері і ворота

**Розміри дверей** і їх число для кожного приміщення призначають залежно від необхідної пропускної спроможності (рис. 3.34).

Двері складаються з дверної коробки і дверних полотен, що відкриваються. По числу полотен розрізняють двері однопільні і двопільні; по конструкції — глухі і засклені. Двері бувають зовнішні і внутрішні.

Висота дверних блоків прийнята двох розмірів - 2075 і 2375 мм; ширина однопільних - 674, 774, 874, 974 і 1174 мм і двопільних - 1276, 1476 і 1876 мм. Двопільні двері з полотнами, що коливаються, роблять шириною 1316, 1516 і 1916 мм.

Ширину дверей, що служать для евакуації, приймають від 0,8 до 2,4 м. Ширина тамбурів повинна перевищувати ширину дверних отворів не менше ніж на 0,5 м, а глибина - ширину дверей не менше ніж на 200 мм і має бути не менше 1200 мм.

**Ворота** встановлюють в місцях проїзду у виробничі будівлі різного транспорту. Ворота по конструкції підрозділяють на орні (двохстворні), розсувні і підйомні, такі, що утеплюють і не утеплюють, дерев'яні із сталевим каркасом і сталеві.

Розміри отворів воріт приймають: 3000x3000, 3600x3600, 4000x4200 мм, а для залізничного транспорту нормальної колії - 4700x5600 мм (перша цифра – ширина, друга, – висота отвору).

Ворота повинні відкриватися і закриватися автоматично.

### 3.5.10 Деформаційні шви

Внаслідок зміни температури в літній і зимовий час конструкції будівлі випробовують температурну напругу, яка іноді може деформувати будівлі аж до руйнування. Для запобігання вказаним явищам стіни будівлі ділять на температурні блоки, між якими влаштовують поперечні або подовжні шви. Розміри температурних блоків приймають залежно від типу і конструкцій будівель і використовуваних матеріалів.

При будівництві будівель з уніфікованих типових секцій довжину блоку можна приймати рівною 72 м.

Окрім температурних деформацій, у будівлі може відбуватися нерівномірне осідання у разі розміщення його на неоднорідних ґрунтах. Для уникнення небажаних деформацій влаштовують осадкові шви в місцях розташування температурних швів. Поєднаний шов зазвичай називають

деформаційним. Такі шви влаштовують також в місцях значного перепаду висот будівлі, примикання будівель різної поверховості і нової будівлі до старої.

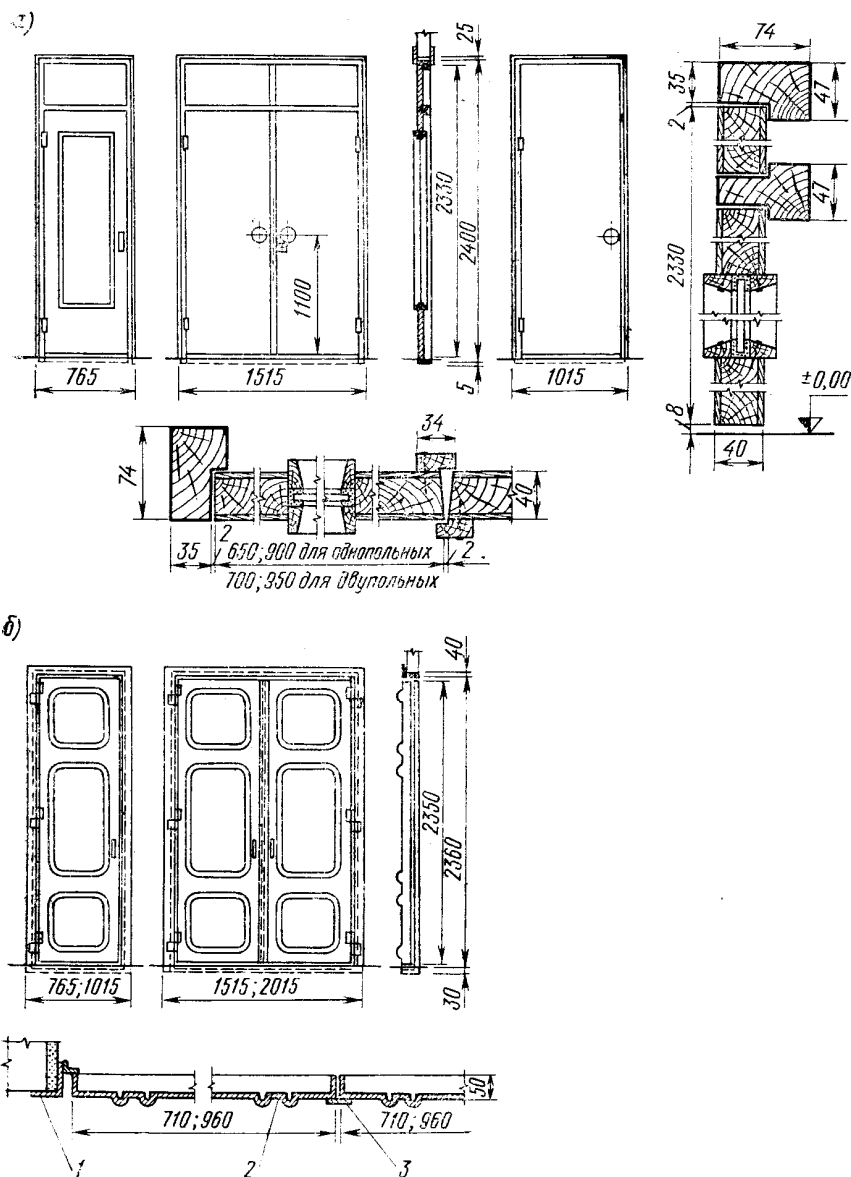


Рис. 3.34 Двері

а – дерев'яні; б – сталеві; 1 – коробка з L 75x5 та 32x20x4; 2 - полотно з листа  $\delta=2$  мм; 3 – нащільник 50x4

У будівлях із залізобетонним каркасом в місцях пристрою поперечних деформаційних швів зазвичай встановлюють парні колони (рис. 3.35).

#### Прив'язка елементів будівлі до розбивальних осей.

Для уніфікації будівельних конструкцій і деталей разом з уніфікованими сітками колон, висотами прольотів і поверхів необхідно дотримувати певні правила прив'язки конструктивних елементів до розбивальних осей.



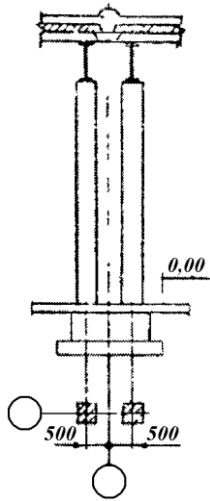


Рис. 3.35 Колони в місцях пристрою деформаційних швів

Прив'язкою називається відстань від розбивальної осі до грані або геометричної осі конструктивного елементу.

Колони подовжніх рядів і зовнішні стіни розміщують по відношенню до розбивальних осей з дотриманням наступних правил (рис. 3.36): - зовнішні грані колон подовжніх рядів і внутрішні поверхні подовжніх стін поєднують з подовженими розбивальними осями;

- геометричні осі торцевих колон повинні зміщуватися з поперечних розбивальних осей всередину будівлі на 500 мм для розміщення в проміжку фахверка, що утворився, стінного каркасу, а внутрішні поверхні торцевих стін поєднують з поперечними розбивальними осями;

- поперечні температурні шви виконують установкою парних колон без вставок. Вісь температурного шва повинна співпадати з поперечною розбивальною віссю, а геометричні осі парних колон повинні зміщуватися з розбивальної осі на 500 мм;

- в багатоповерхових промислових будівлях з сіткою колон бхб в усіх поверхках без застосування фахверкових стін поперечні розбивальні осі в торцях будівель зміщують на 200 мм від внутрішньої грані поперечних зовнішніх стін.

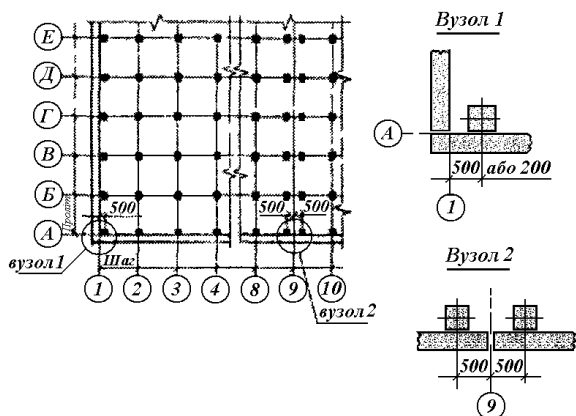


Рис. 3.36 Розміщення колон і зовнішніх стін по відношенню до розбивальних осей

### 3.6 Автоматизація проектування

Описана вище технологія проектування зазнає нині значні зміни, що пояснюється в основному створенням і усе більш широким поширенням систем автоматизованого проектування (САПР), поява яких в хімічних фірмах США та ін. високорозвинених країн відноситься до середини 50-х

років ХХ ст., а доля робіт, що виконуються засобами САПР, складала (1988 р.) в США 70 %. Їх швидкий розвиток і проникнення майже в усі сфери діяльності проектних організацій обумовлений розробкою високопродуктивних персональних ЕОМ (ПЕВМ), що дозволило реалізувати принципово нову технологію проектування. За цією технологією розрахункові, графічні і операційно-пошукові процедури оперативно виконуються на ЕОМ, а дії проектувальників-суміжників також оперативно узгоджуються через мережу ПЕВМ і базу даних про проектуваний об'єкт.

**Загальноприйнята концепція тривірневих САПР.** Нижній рівень утворюють автоматизовані робочі місця, базою яких служать конструктивно пов'язані між собою ПЕВМ (локальні мережі ПЕВМ), що дають проектувальникові можливість, окрім традиційних проектних розрахунків, використовувати великі графічні "меню" і формувати на екранах дисплеїв елементи схем, креслень розміщення устаткування і так далі. Локальні мережі управляються одною або двома потужнішими ЕОМ, які у поєднанні з графічними дисплеями високої роздільної здатності і програмно-керованими креслярськими графічними автоматами-пристроями утворюють середній рівень САПР. На цьому рівні формуються і виготовляються креслення більшої складності і розмірів. Основа верхнього рівня – потужні універсальні ЕОМ, в пам'яті яких зберігаються бази даних для усіх підсистем САПР, доступні нижнім рівням. На верхньому рівні вирішуються найбільш складні завдання, до яких відносяться: синтез і оптимізація складних технологічних схем, економіко-матеріальні дослідження, розрахунки на міцність складних будівельних конструкцій та ін.

САПР включає методичне, програмне, інформаційне, технологічне і організаційне забезпечення; від повноти і якості цих компонентів залежить ефективне функціонування систем усіх рівнів. Сучасні засоби САПР дозволяють практично повністю автоматизувати проектні роботи, що відносяться до наступних груп, :

- визначення розмірів потоків (матеріальних, електричних, силових і тому подібне);
- розрахунок розмірів елементів схем (розмірів апаратів, діаметрів трубопроводів, перерізів балок та ін.);
- розрахунок і вибір деталей комунікацій;
- складання кошторисів і замовленої документації.

Роботи по синтезу схем (технологічних, конструктивних, електропостачання та ін.), розміщенню елементів схем в просторі, прокладенні комунікацій можуть бути виконані в процесі творчого діалогу "ПРОЕКТУВАЛЬНИК-ЕОМ". Таким чином, звільняючи інженера від виконання трудомістких рутинних операцій, САПР принципово змінює характер праці проектувальника, дозволяє на усіх етапах приймати оптимальні проектні рішення шляхом аналізу математичних моделей

виробництва і прогнозу роботи його найбільш важливих вузлів в різних умовах експлуатації.

### 3.7 САПР в Україні

Останнім часом в Україні все більше підприємств переходить на ефективні рейки автоматизації свого виробництва. Сьогодні важко уявити собі підприємство, що займається проектуванням, де б конструктор виконував свою роботу по-старому, за дошкою кульмана.

Отже, до останнього часу в Україні концепція автоматизації праці конструктора базувалася на принципах геометричного моделювання і комп'ютерної графіки. При цьому, системи комп'ютеризації праці конструкторів, технологів, технологів-програмістів, інженерів-менеджерів і ін. розвивалися автономно і Інженерні знання - основа проектування, залишалися поза комп'ютером.

Таке положення не задовольняє сучасним вимогам до автоматизації. Зараз в Україні потрібна комплексна комп'ютеризація інженерної діяльності на усіх етапах життєвого циклу виробів, яка дістала назву CALS (Computer Aided Life – cycle System) технології. Традиційні САПР з їх геометричним, а не інформаційним ядром, не можуть стати основою для створення таких систем. Сьогодні кожен виріб в процесі свого життєвого циклу повинен представлятися в комп'ютерному середовищі у вигляді ієрархії інформаційних моделей, що становлять єдине ціле і підпорядкованість.

У Україні в промисловому виробництві давно панує жорстка конкуренція. Щоб вижити в цих нелегких умовах підприємствам доводиться якнайшвидше випускати нові проекти, знижувати їх собівартість і підвищувати якість. У цьому їм допомагають сучасні системи автоматизованого проектування (САПР), розробки, що дозволяють полегшити увесь цикл, – від вироблення концепції до створення і запуску проекту у виробництво. Тим самим значно прискорюється процес проектування без збитку якості. Тому зараз без САПР не обходиться жодне конструкторське або промислове підприємство. І хоча на долю вказаних систем доводиться лише близько 3% ринку ПО, вони грають дуже важливу роль, оскільки допомагають створювати товари, без яких неможливо представити наше повсякденне життя, : автомобілі, літаки, побутові прилади, промислове устаткування і, отже, є однією з рушійних сил сучасної промисловості і світової економіки.

Термін "САПР для, будівельного проектування" в нашій країні зазвичай використовують в тих випадках, коли йдеться про пакети програм для автоматизованого проектування (CAD), підготовки виробництва (CAM) і інженерного аналізу (CAE).

Ідея автоматизувати проектування зародилася ще у кінці 50-х років минулого століття, майже одночасно з появою комерційних комп'ютерів. А

вже на початку 60-х її утілила компанія General Motors у вигляді першої інтерактивної графічної системи підготовки виробництва. У 1971 році творець цієї системи доктор Патрік Хэнретти (Patrick Hanratty) заснував компанію Manufacturing and Consulting Services (MCS) і розробив методики, які склали основу більшості сучасних САПР. Незабаром з'явилися і інші САД-пакети. У той час вони працювали на мейнфреймах і міні-комп'ютерах і коштували дуже дорого – в середньому 90 тисяч доларів за одне робоче місце. Очевидно, що лише великі підприємства могли дозволити собі йти в ногу з часом.

Одночасно стали з'являтися і перші САМ-програми, що дозволяють частково автоматизувати процес виробництва за допомогою програм для верстатів з ЧПУ, і САЕ-продукти, призначені для аналізу складних конструкцій. Так в 1971 році компанія MSC Software випустила систему структурного аналізу MSC Nastran, яка досі займає провідне положення на ринку САЕ.

До середини 80-х років системи САПР для машинобудування знайшли форму, яка існує і зараз. Але попереду на них чекало багато цікавих змін. Поява мікропроцесорів поклала початок революційним перетворенням в області апаратного забезпечення – наступила ера персональних комп'ютерів. Але для тривимірного моделювання потужності перших ПК не вистачало. Тому в 80-і роки постачальники "серйозних" засобів автоматизації проектування орієнтувалися на комп'ютери на базі RISC-процесорів, що працювали під управлінням ОС Unix, – вони були набагато дешевші за мейнфрейми і міні-машини. Паралельно знижувалася вартість ПО, і на початок 90-х середня ціна робочого місця знизилася до 20 тисяч доларів – САПР ставали доступніше. Але в масовий продукт вони перетворилися лише тоді, коли компанія Autodesk розробила свій знаменитий пакет AutoCAD вартістю всього 1 тис. доларів. Правда, в ті часи ПК були 16-розрядними, і їх потужності вистачало лише для двовимірних побудов – креслення і створення ескізів. Проте це не перешкодило новинці мати величезного успіху у користувачів.

Найбільш бурхливий розвиток САПР в Україні відбувалося в 90-х роках, коли Intel випустила процесор Pentium Pro, а Microsoft – систему Windows NT. Тоді на поле вийшли нові гравці "середньої вагової категорії", які заповнили нішу між дорогими продуктами, що володіють безліччю функцій, і програмами типу AutoCAD. В результаті склалося існуюче і понині ділення САПР на три класи: важкий, середній і легкий. Така класифікація виникла історично, і хоча вже давно йдуть розмови про те, що грані між класами поступово стираються, вони продовжують існувати, оскільки системи як і раніше розрізняються і за ціною і за функціональними можливостями.

На даний момент в Україні одним з найбільш потужних САПР є – Unigraphics NX компанії EDS, CATIA французької фірми Dassault Systemes (яка просуває її разом з IBM) і Pro/Engineer від PTC (Parametric Technology Corp.). Головна особливість таких потужних САПР – великі функціональні

можливості, висока продуктивність і стабільність роботи – усе це результат тривалого розвитку. Важливу роль в становленні середнього класу зіграли два ядра твердотілого параметричного моделювання ACIS і Parasolid, які з'явилися на початку 90-х років і зараз використовуються в багатьох ведучих САПР. Геометричне ядро служить для точного математичного представлення тривимірної форми виробу і управління цією моделлю. Отримані з його допомогою геометричні дані використовуються системами CAD, CAM і CAE для розробки конструктивних елементів, складок і виробів.

Перша креслярська система Sketchpad була створена ще на початку 60-х років, а потім з'явилося немало інших продуктів такого роду, що використовують досягнення комп'ютерної графіки. Проте справжній розквіт в цій області наступив лише в 80-і роки з появою персональних комп'ютерів. Піонером в цій області стала компанія Autodesk, яка в 1983 р. випустила САПР для ПК під назвою AutoCAD. Сьогодні в Україні лідируючою компанією по широті вживаності в області САПР середнього рівня складності є Autodesk з програмними продуктами на базі AutoCAD.

## РОЗДІЛ 4

### ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ СПОРУДИ

#### 4.1 Загальні дані

Складання інформації про споруду в проектному дослідженні полягає в орієнтовному визначенні типів і об'ємів будівель. На підставі цих даних в техніко-економічній частині проектного дослідження за допомогою укрупнених показників визначають вартість споруд. Для визначення типу і об'єму споруди необхідно виконати орієнтовну **компоновку устаткування**. Об'єм споруди майбутнього промислового об'єкту залежить від ряду чинників, і в першу чергу від характеру технологічного процесу (періодичний або безперервний, вогне- або вибухонебезпечний та ін.), від числа одиниць і розмірів технологічного і допоміжного устаткування, від можливості установки устаткування на відкритих майданчиках, від розмірів адміністративно-господарських і побутових приміщень та ін.

Як наголошувалося вище, проектні дослідження розробляються науково-дослідними установами на підставі первинних лабораторних досліджень. Як правило, розробка ведеться інженерами-технологами, які часто недостатньо повно враховують в компоновці номенклатуру допоміжних виробничих, адміністративно-господарських приміщень. Це приводить до заниження площ і об'ємів споруд і, отже, до заниження суми капітальних витрат, необхідних для спорудження майбутнього промислового об'єкту. Тому нижче нарівні з розглядом основних принципів компоновки технологічного устаткування будуть розглянуті питання, пов'язані з числом і розмірами допоміжних виробничих, адміністративно-господарських і побутових приміщень.

#### 4.2 Компонування устаткування

##### 4.2.1 Компонування технологічного устаткування

Розміщення (компонування) устаткування в будівлі або споруді виконують в типовій послідовності:

- визначають типи і кількість апаратів, напрям потоків;
- групують устаткування для процесів з аналогічними шкідливими, вибухонебезпечними і пожежонебезпечними виділеннями;
- розподіляють групи апаратів по відповідних виробничих приміщеннях (апаратним, насосним, компресорним) і зовнішніх установках;
- вибирають варіант розташування, що забезпечує:
  - а) мінімальну протяжність трубопроводів;

- б) мінімальну кількість будівельних конструкцій, що вимагають захисту від агресивної дії виробничого середовища;
- в) умови зручного обслуговування і ремонту устаткування;
- г) установку загальних зручних обслуговуючих майданчиків;
- д) установку загальних підйомно-транспортних механізмів;
- ж) локалізацію шкідливих виділень;
- з) спрощення виконання норм охорони праці.

Для виконання правил безпеки у вибухонебезпечних і вибухопожежонебезпечних виробництвах зовнішні установки рекомендується розташовувати з боку глухої стіни будівлі або в торцевій його частині. При розміщенні зовнішніх установок з виробництвами категорій А, Б і В з двох сторін будівлі або одній такої установки між двома будівлями одна з установок або одна з будівель мають бути розташовані на відстані не менше 8 метрів від глухої стіни і не менше 12 м від стіни з віконними отворами. Друга установка розташовується за правилами, що визначають розташування одиначної установи : площа установки не повинна перевищувати 5200 м<sup>2</sup> при висоті будівлі до 30 м, 3000 м<sup>2</sup> - при висоті будівлі 30 м і більше. При більшій площі установку ділять на секції, розриви між якими мають бути не менше 15 м.

Важке устаткування, що викликає вібрації, встановлюють, як правило, на нижніх поверхах і на масивних фундаментах. Вертикальне компонування проводять з максимальним використанням самопливу, недопущення утворення гідравлічних мішків, забезпечення мінімального підпору у всмоктуючих патрубків насосів. Лінії, що зв'язують барометричні конденсатори з приймачами розташовують вертикально (прямовисно), а апарати один під одним.

У кожному виробничому приміщенні устаткування розташовують максимально впорядковано, по можливості симетрично вертикальними і горизонтальними рядами з одним або декількома подовжніми проходами і зручними підходами до кожного апарату. При цьому передбачають:

- основні проходи до місця перебування працюючих шириною не менше 2 м;
- основні проходи до машин і апаратів, що мають місцеві контрольно-вимірювальні прилади і гребінки управління, за наявності постійних робочих місць, шириною не менше 1,5 м;
- проходи між апаратами та апаратами і стінами приміщень, при необхідності кругового обслуговування, шириною не менше 1 м;
- проходи для огляду і періодичної перевірки і регулювання апаратів, а також між насосами, що окремо стоять, шириною не менше 0,8 м;
- проходи у віконних отворах, доступних з рівня підлоги або майданчика, шириною не менше 1 м;
- проходи між компресорами шириною не менше 1,5 м (для малогабаритних компресорів – 0,8 м);

- ремонтні майданчики, достатні для розбирання і чищення апаратів і їх частин без захаращування робочих проходів, основних і запасних виходів і майданчиків сходів.

При розташуванні обслуговуваного устаткування, приладів і арматури на висоті більше 1,8 м для доступу до них передбачають стаціонарні майданчики і сходи до них з перилами. Ширина сходів має бути не менше 0,7 м, крок сходців не більше 0,25 м, ухил – не більше 45°.

Для монтажу, демонтажу і ремонту устаткування і арматури застосовують підйомно-транспортні засоби і механізацію. Вибір засобів обґрунтовують характеристикою устаткування, числом апаратів і машин, періодичністю і тривалістю ремонтів. Переміщення сировини, напівфабрикатів і готової продукції також повинно бути максимально механізовано.

При розробці компонування устаткування необхідно враховувати нормативи і директивні вказівки по питаннях створення нових хімічних виробництв, звернувши увагу на вказівки, що визначають типи і розміри майбутнього промислового об'єкту. Крім того, у ряді галузей хіміко-фармацевтичної промисловості існують галузеві нормалі, що регламентують умови установки технологічного устаткування у виробництвах даної галузі.

Слід мати на увазі, що норми і правила періодично переглядаються. До них вносять зміни і доповнення, що враховують розвиток техніки і досвід промисловості і будівництва.

Основними вихідними даними для компонування устаткування є принципова технологічна схема із специфікацією і креслення або ескізи устаткування, на яких нанесені габаритні розміри. Орієнтовне компонування устаткування виконується у вигляді планів і розрізів корпусу, на яких показано розташування основного технологічного і допоміжного устаткування, а також всіх виробничих, допоміжних, адміністративно-господарських і побутових приміщень, необхідних для нормального функціонування виробничого об'єкту. Малогабаритне устаткування на плани і розрізи можна не наносити, передбачаючи для нього відповідні площі і об'єми споруди.

Плани устаткування зазвичай викреслюють в масштабі 1:100, а розрізи – в масштабі 1:50 або 1:100. На плани наносять основне устаткування, що встановлюється в корпусі. Розрізи можуть виконуватися тільки частково, для визначення висоти будівлі або його частини. На планах і розрізах зображають лише зовнішній контур апаратів з урахуванням теплоізоляції. Плани кожного поверху і кожного майданчика розробляють окремо, інакше виходять нечіткі креслення, якими важко користуватися. Кожен апарат на плані, в розрізі і в специфікації повинен бути пронумерований, причому номер апарата обов'язково повинен співпадати з номером апарата на технологічній схемі.

Креслення орієнтовного компонування є проміжним матеріалом, який служить тільки для визначення типу і об'єму споруди. Додаток їх до



тексту проектного дослідження в більшості випадків не є необхідним. В проектні дослідження достатньо включити результат орієнтовного компонування устаткування, дані про об'єм споруди і її коротку будівельну характеристику. За даними орієнтовного компонування в тексті проектного дослідження потрібно вказати тип споруди, матеріал основних будівельних конструкцій, площу забудови, поверховість будівель, об'єм споруд. Ці дані необхідні для визначення вартості споруди за укрупненими показниками.

#### **4.2.2 Компонування допоміжного обладнання**

**Холодильне обладнання.** У ряді цехів для виробництва холодильного розсолу передбачається установка аміачних холодильних машин з комплектом відповідного устаткування (конденсатори, випарники, насоси). Оскільки, аміак з повітрям здатний утворювати вибухонебезпечні суміші, відділення, де встановлюється устаткування аміачних холодильних установок, належить до вибухонебезпечних. Правила устрою і експлуатації аміачних холодильних установок дозволяють встановлювати їх тільки в одноповерхових будівлях. Не дозволяється розміщувати над аміачними холодильними установками яке-небудь устаткування і споруджувати обслуговуючі адміністративно-господарські і побутові приміщення. Висота приміщення повинна складати не менше 4,8 м, головний прохід і відстань від регулюючих частин машин не менше 2 м, проходи між виступаючими частинами машин 1,5 м, відстань між стіною і машиною не менше 0,8 м.

**Вентиляційне обладнання.** При визначенні розмірів виробничих приміщень необхідно передбачити площі для розміщення витяжних і припливних вентиляційних установок. У разі потреби подачі в цех або в деякі його відділення кондиційованого повітря повинні бути передбачені відповідні площі для розміщення установок кондиціонування. Число вентиляційних установок визначається розмірами цеху. Щоб уникнути прокладки довгих повітроводів великого перетину у великих корпусах встановлюють декілька витяжних і припливних агрегатів в різних місцях будівлі. У ряді випадків вентиляційні агрегати доцільно розташовувати в ізольованих приміщеннях – вентиляційних камерах, що сприяє захисту їх від шкідливих виділень виробничих апаратів. Припливний вентиляційний агрегат складається з пристрою для очищення зовнішнього повітря, вентилятора з електродвигуном і калориферів для підігріву холодного повітря в зимовий період. Вентиляційні агрегати доцільно розташовувати поблизу зовнішніх стін.

**Щити для контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації.** При компоновці устаткування повинне бути передбачене місце для щитів КВПіА, на яких розміщують прилади, що обслуговують даний апарат, агрегат або групу агрегатів. Крім того, у великих цехах передбачають центральні щити для розміщення КВПіА, на яких виносять

прилади, які показують найбільш важливі характеристики роботи окремих апаратів, параметри загальноцехових систем електро- і теплопостачання, прилади дистанційного керування та ін. У ряді випадків доцільно центральні щити розташовувати в спеціальних приміщеннях, ізольованих від основних виробничих відділень. Це дозволяє захистити прилади від шкідливих виділень і створює найбільш сприятливі умови для роботи обслуговуючого персоналу.

**Електрозбірки.** Введення електрокабелів, розподільні пристрої і пускову апаратуру розміщують, як правило, в ізольованих приміщеннях – електрозбірках. З метою економії кабелю і спрощення схеми розводки у великих цехах вмонтовують декілька електрозбірок, розташовуючи їх якомога ближче до навантажень. При розмірі електрозбірки 6×4 м в ній можна розмістити пускову апаратуру для 25 двигунів.

**Введення в корпус пари, води і газу** вимагають для свого розміщення місця, яке слід враховувати при визначенні розмірів споруди.

**Введення пари** вирішується у вигляді парової панелі, що розташовується зазвичай на одній із стін виробничого приміщення. На паровій панелі розміщуються прилади для виміру витрати пари, його тиску, дросельні устрої для зниження тиску пари, арматура для відключення паропроводів, що відходять від панелей. Таким чином, на паровій панелі розташовується значна кількість вимірювальних і регулюючих приладів і запірної арматури. Для спостереження за їх роботою, для їх регулювання і ремонту повинен бути забезпечений до них доступ, а по фронту панелі повинен бути забезпечений прохід шириною в 1,5-2,0 м. Оскільки не виключається можливість парування арматури парової панелі, її рекомендується розміщувати в ізольованому приміщенні.

**На введенні водопроводу** встановлюють прилади для виміру витрати і тиску води, арматуру для відключення водопроводу. Для спостереження за роботою приладів і арматури і для їх ремонту перед фронтом розташування введення водопроводу треба залишити прохід не менше 1 м.

**На введенні газу** в будівлю встановлюють прилади для виміру і реєстрації витрати і тиску, запірну і перемикаючу арматуру. Для спостереження за ними, ремонту і заміни перед фронтом введення повинен залишатися прохід шириною не менше 1 м.

**Устаткування цехової лабораторії,** в основному складається з лабораторних столів, витяжних шаф, столів для аналітичних ваг, розчинів, що титрують, письмових столів, шаф для посуду і книг, миття для посуду, а також специфічних приладів і лабораторного устаткування, характерних для даного виробництва і методів аналізів, вживаних для контролю якості сировини, допоміжних матеріалів, проміжних і готових продуктів. Повинні бути передбачені площа і устаткування для дослідницьких робіт, пов'язаних з раціоналізацією і удосконаленням окремих питань технології виробництва. У цеховій лабораторії слід передбачити комору для зберігання лабораторного устаткування і кабінет завідувача лабораторією.

Цехові лабораторії краще всього розташовувати в приміщенні, відокремленому капітальною стіною від виробничих відділень, але в безпосередній близькості від них. У ряді випадків цехові лабораторії доцільно розміщувати в єдиному блоці з адміністративно-господарськими і побутовими приміщеннями.

**Обладнання для поточного ремонту апаратури і комунікацій** розміщується в приміщенні цехової ремонтно-механічної майстерні. Тут встановлюють токарний, фрезерний, свердлувальний і наждачний верстати, слюсарні верстати, стелажі для зберігання інструменту. Ремонтну майстерню найдоцільніше розташовувати на першому поверсі, ізолюючи її від виробничих приміщень. Це забезпечує простий і зручний зв'язок з двором і складами, відсутність необхідності піднімати ремонтвану апаратуру на верхні поверхи, можливість споруджувати фундаменти під верстати. Ізоляція ремонтної майстерні від виробничого приміщення захищає ремонтних робочих від шкідливостей і забруднень виробничих відділень. Орієнтовний розмір цехової ремонтно-механічної майстерні може бути прийнятий рівним 12×6 м.

#### **4.3 Адміністративно-господарські і побутові приміщення**

При розробці проектів промислових об'єктів визначення номенклатури і розмірів адміністративно-господарських і побутових приміщень відноситься до компетенції інженерів-будівельників. Проектні дослідження, як правило, розробляються інженерами-технологами, мало знайомими з будівельними нормативами. Тому, ми вважаємо за необхідне розглянути номенклатуру і методи розрахунку розмірів адміністративно-господарських і побутових приміщень, тобто розібрати питання, пов'язані з визначенням розмірів споруд.

Перераховані приміщення слід розташовувати в будівлях, що стоять окремо, або в прибудовах до виробничих приміщень, відокремлених від них капітальною стіною. У останньому випадку зв'язок виробничих відділень з адміністративно-господарськими і побутовими приміщеннями повинен здійснюватися через сходову клітку або через тамбур.

Інколи для деяких підприємств з відносно чистими виробництвами допускають розміщення побутових приміщень, як правило, у торцевій його частині в межах поверхів корпусу цеха. За таким рішенням важливо не порушувати об'ємно-планувальних параметрів будівлі. Наприклад, на одному виробничому поверху висотою 6 м і більше можна розташувати два поверхи побутових приміщень.

Прибудовані побутові приміщення більш економічні порівняно з окремо розташованими. Примикання прибудови вирішується через розміщення її з торця виробничої будівлі чи прив'язкою до її подовженого боку. Перший варіант є зручнішим, оскільки у цьому випадку потік працюючих не заважає технологічному процесу, який, як правило, орієнтується вздовж прольотів, не затемнюється повздовжно сторона

будівлі і краще його природне освітлення і аерація. Крім цього, торцева прибудова не створює перешкод для будівництва нових прольотів у випадку розширення виробництва.

Розташування допоміжних приміщень в окремих будівлях передбачається за умов вибухонебезпечних виробництв і роботи з отруйними речовинами, розташування устаткування на відкритих майданчиках, виконання робіт на відкритих складах і обслуговування декількох виробництв, розташованих в окремих будівлях, а також у випадках, коли прибудова заважає ефективно здійснювати аерацію у цехах зі значним тепло- та газовиділенням.

Переваги такого рішення: компактність і велика варіативність планування, хороша аерація і природна освітленість приміщень, ізолювання їх від виробничих шкідливостей і більш проста конструктивна схема будівлі.

До недоліків відносять: значне збільшення витрат при будівництві і експлуатації будівлі, необхідність устрою теплих переходів, що поєднують побутовий корпус з цехом, зниження компактності забудови, здовження комунікацій і периметру зовнішніх стін і ін.

Висоту окремо розташованих будівель допоміжних приміщень слід приймати у 1, 2, 3 та 4 поверхи, а ширину – не менше 18 м. Якщо ці будівлі обслуговують цехи, що опалюються, їх з'єднують з виробничими приміщеннями теплими переходами, які виконують у вигляді наземного і надземного переходів або підземного тунелю.

Допоміжні приміщення, що розташовані в прибудові до виробничих будівель, повинні сполучатися з приміщеннями, в яких виробничі процеси, відносяться до санітарних груп II, III та IV.

У приміщеннях з постійними робочими місцями, а також громадянського харчування, медичного або культурного обслуговування проектують природне освітлення, а в інших приміщеннях – штучне.

За капітальними і експлуатаційними якостями допоміжні приміщення фармацевтичних виробництв, зазвичай, відносяться до II класу. При наявності техніко-економічного обґрунтування допускається проектування допоміжних будівель III і IV класів.

Ступінь вогнестійкості допоміжних будівель II класу повинна бути не нижче III ступеня, а для будівель III і IV класів ступінь вогнестійкості не нормується. Межа вогнестійкості елементів сходів, що несуть, у сходових клітках допоміжних будівель II та III ступеня вогнестійкості повинна бути не менше 1 год.

При визначенні номенклатури і розмірів адміністративно-господарських і побутових приміщень необхідно керуватися діючими нормативами. Розміри побутових приміщень залежать від штатів промислового об'єкту. Відповідно до існуючих норм, при розрахунку побутових приміщень (вбиральні, душові, умивальники та ін.) чисельність облікового складу з урахуванням учнів, практикантів, ремонтників повинна бути збільшена множенням на коефіцієнт, рівний 1,4 при

обліковому числі до 50 ос.; 1,3 – до 100 ос.; 1,25 – до 150 ос.; 1,2 – до 200 ос.; 1,15 – більше 200 ос.

Висота адміністративно-господарських і побутових приміщень повинна бути не менше 3,3 м, число евакуаційних виходів з допоміжних будівель або приміщень – не менше двох. Допустимо проектування пристрій одних дверей, що ведуть до евакуаційного виходу, якщо в даному приміщенні одночасно знаходяться не більше 50 осіб. Найменша ширина сходових маршів повинна бути не менше 1,15 м, а коридору – не менше 1,4 м. Найбільша відстань, що допускається, до виходу з приміщень, розташованих між сходовими клітками або виходами назовні, приймається рівним 30-50 м, залежно від ступеня вогнестійкості будівлі. Та ж відстань при виході з приміщень в тупиковий коридор складає 15-25 м.

#### **4.3.1 Адміністративно-господарські приміщення**

У складі адміністративних і конторських приміщень виробничого об'єкту повинні бути передбачені: кабінет начальника цеху площею 40-50 м<sup>2</sup>, кімнати технолога, механіка, начальника зміни, майстра площею кожна 20-30 м<sup>2</sup>, залежно від розмірів промислового об'єкту. Розміри цехової контори визначаються числом службовців, що передбачаються штатом цеху (завідувач господарством, плановик, бухгалтер та ін.). На одного працюючого в конторі повинна бути передбачена площа 4 м<sup>2</sup>. Кімната для проведення зборів (з урахуванням можливості проведення занять по технімуму і роботи практикантів) повинна бути орієнтовною площею 50-100 м<sup>2</sup>, залежно від штатів цеху. Для зберігання інвентарю і інструментів (шланги, відра, фільтрувальні тканини та ін.) передбачається комора, обладнана стелажима. Краще всього розташовувати її в не виробничій частині будівлі, щоб уникнути псування і забруднення інвентарю і інструментів виробничими виділеннями.

#### **4.3.2 Побутові приміщення і пристрої**

До побутових відносяться приміщення і пристрої санітарно-гігієнічного обслуговування (вбиральні, душові, туалети, приміщення для палення та ін.), а також приміщення по обробці робочого одягу і взуття (прання, сушки, знепилювання, знешкодження).

Комплекс приміщень, що включає вбиральні, душову і вмивальну, утворює гардеробний блок. Склад побутових приміщень і пристроїв визначається залежно від кількості працюючих і санітарною характеристикою виробничих процесів на підставі СНіП 2.09.09-87 «Адміністративні і побутові будівлі» відповідно до таблиці 4.1.

Більшість виробничих процесів у фармацевтичній промисловості (гр. 2а, 2б, 2в, 2г, 2д, і 3а, 3б) здійснюються за несприятливих метеорологічних умов або з наявністю значної загазованості приміщень. Тому на

виробництвах, де виділяються шкідливі гази і пари або застосовуються рідини, які дратують шкіру і слизисті оболонки,

Таблиця 4.1

Характеристики санітарно-побутових приміщень

Група виробничих процесів	Санітарна характеристика виробничих процесів	Розрахункове число, особа		Тип вбиралень число відділень шафи на 1 особу	Спеціальні побутові приміщення і пристрої
		на одну душову сітку	на один кран		
1	Процеси, що викликають забруднення речовинами 3 і 4 класів небезпеки :				
1а	- тільки для рук	25	7	Загальні, одне відділення	-
1б	- тіла і спецодягу	15	10	Загальні, два відділення	-
1в	- тіла і спецодягу, що видаляються тільки із застосуванням спеціальних миючих засобів	5	20	Роздільні, по одному відділенню	Хімчистка або прання спецодягу
2	Процеси, що протікають при надлишку явного тепла або несприятливих метеорологічних умовах				
2а	- при надлишку явного конвекційного тепла	7	20	Загальні, два відділення	Приміщення для охолодження
2б	- при надлишку явного променистого тепла	3	20	Те ж	Те ж
2в	- пов'язані з лишком вологи і намоканням спецодягу	5	20	Роздільні, по одному відділенню	Сушка спецодягу
2г	При температурі повітря до 10 °С або на відкритому повітрі	5	20	Те ж	Приміщення для обігріву і сушки спецодягу
3	Процеси, що викликають забруднення речовинами 1 і 2 класів небезпеки і речовинами із стійким запахом:				

Група виробничих процесів	Санітарна характеристика виробничих процесів	Розрахункове число, особа		Тип вбиральень число відділень шафи на 1 особу	Спеціальні побутові приміщення і пристрої
		на одну душову сітку	на один кран		
3а	- тільки рук	7	10	Загальні, одне відділення	-
3б	- тіла і спецодягу	3	10	Роздільні, по одному відділенню	Хімчистка, штучна вентиляція місць зберігання спецодягу; дезодорація
4	Процеси, що вимагають особливих умов і дотримання чистоти або стерильності при виготовленні продукції	По вимогах відомчих нормативів			

у складі побутових приміщень слід додатково проектувати спеціальні приміщення для знешкодження і знепилювання робочого одягу. У кожному конкретному випадку залежно від приналежності проектуваного підприємства до однієї з вказаних груп за СНіП 2.09.09-87 встановлений необхідний склад загальних і спеціальних побутових приміщень. Побутові приміщення доцільно розміщувати з максимальним наближенням до робочих місць, як правило, – в прибудовах до виробничих будівель.

Склад і кількість обладнання побутових приміщень, а звідси і потрібної площі, на одного працюючого залежать від їх кількості, санітарної групи, виробничого процесу, ширини будівлі тощо (табл. 4.2 і 4.3).

Приклад планування гардеробно-душових блоків у вигляді санпропускнику показано на рис 4.1.

На перших поверхах побутових будівель чи прибудов доцільно розташувати приміщення масового використання за наближеною схемою: умивальні, душові, вбиральні, кімната для паління, здоров'я. На верхніх поверхах, звичайно, розташовують цехові адміністративно-конторські приміщення, лабораторії, пункти харчування, кімната для зборів і та ін.

Таблиця 4.2

Розмір шафи	Гардеробні	
	Площа, м <sup>2</sup> на 1 шафу при ширині будівлі, м	
	12	18
30x50	0,65-0,75	0,65-0,70
40x50	0,75-0,85	0,75-0,80
50x50	1,00-1,10	1,00-1,05

Таблиця 4.3

Душові		
Площа, м <sup>2</sup> на 1 душ з предушевою при санаторній групі		
Iб	Iв, Па, Пв, Пс	IIб, IIг, Па, IIIб, IVа
5-6	4-5	4-5

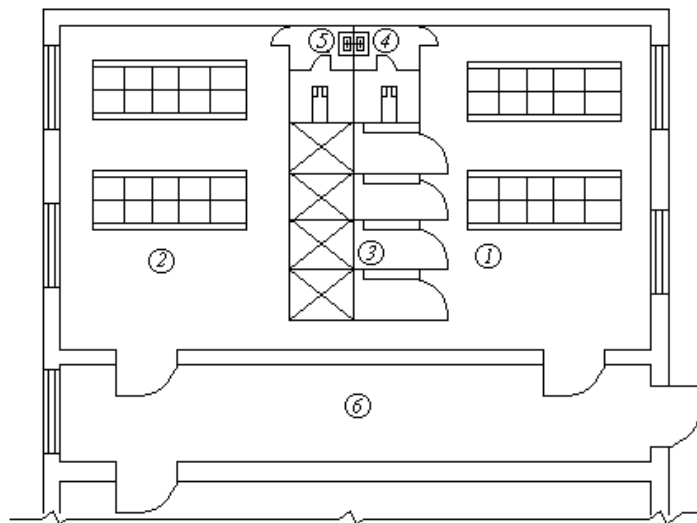


Рис 4.1 Планування гардеробно-душових кімнат у вигляді санпропускника:

1 – гардероб чистого одягу; 2 – гардероб брудного одягу; 3 – душові кабінки; 4,5 – туалети; 6 – коридор.

**Гардеробні.** Якщо гардеробно-душові блоки виконуються за принципом санпропускників, чистий і брудний одяг зберігається в окремих приміщеннях, розділених душовим блоком, у закритих шафах. Кількість міст у гардеробних для чистого і брудного визначаються кількістю змінних працівників цеху.

Основні нормативні розміри елементів планування гардеробних наведено на рис. 4.2.

**Душові.** Душові у разі санпропускників розміщують між приміщеннями для брудного і чистого одягу зі наскрізним проходженням робітника із чистої зони у забруднену (рис. 4.1). При душових передбачається місця для обтирання тіла і лавки шириною 0,3 м і довжиною 1,2 м на 1 душову сітку (3 міста).



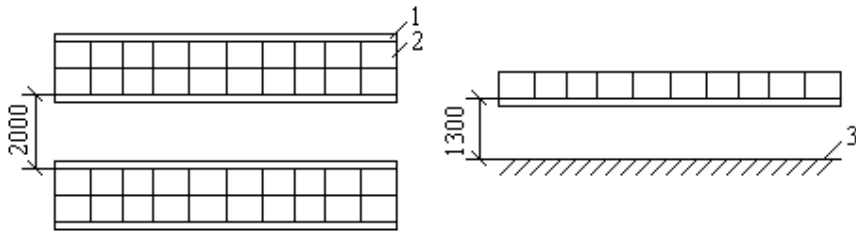


Рис. 4.2 Основні нормативні розміри елементів планування гардеробних

1 – лавка для сидіння; 2 – шафи для одягу; 3 - стіна

Нормативні розміри душових кабін в осях перегородок 0,9х0,9 м. Ширина проходу між двома рядами душових кабін не менше 2 м, а між рядами кабін і стіною чи перегородкою – не менше 1,2 м. Якщо душових кабін три і менше трьох, ширину проходу приймають відповідно 1,5 і 1,0 м (рис 4.3).

Розрахунковий час дії душової після кожної зміни – 0,75 год. Розрахункова кількість людей на одну душову сітку залежно від групи виробничого процесу наведено у табл. 4.4.

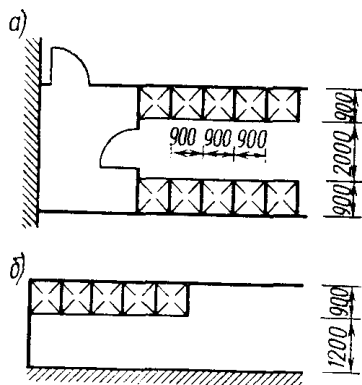


Рис. 4.3. Душові:

а — розміри кабін і проходу між кабінами; б — відстані між кабінами і стіною або перегородкою

Таблиця 4.4

Розрахункова кількість працівників на одну душову сітку

Група виробничих процесів	Кількість працюючих, чол.
Пб, Пг, Пд, Ш	3
Ів, Пв, Пе, ІVa, ІVб	5
Па	7
Іб	15

Таблиця 4.5

Розрахункова кількість працюючих на один кран

Група виробничих процесів	Кількість працюючих, чол.
Іа, Ів, Ша, ІVв	7
Іб, Шб, Шв, Шг, ІVa, ІVб	15
Па, Пб, Пв, Пд, Пе	20

Для виготовлення душових кабін рекомендується бетонні панелі, азбоцементні плити, армоване скло в металевій обв'язці, сталевий штампований лист, вкритий емаллю, пластмаси та інші водостійкі матеріали.

**Умивальні.** Умивальні проектують окремо для чоловіків і жінок, розташовують в окремих приміщеннях, суміжних з гардеробними робочого одягу (без санпропускників рис 4.2) чи у самих гардеробних. Якщо технологічні умови допускають, то 20 % від загальної кількості умивальників можна розташувати на виробничій площі цеху поблизу робочих місць (рис. 4.4).

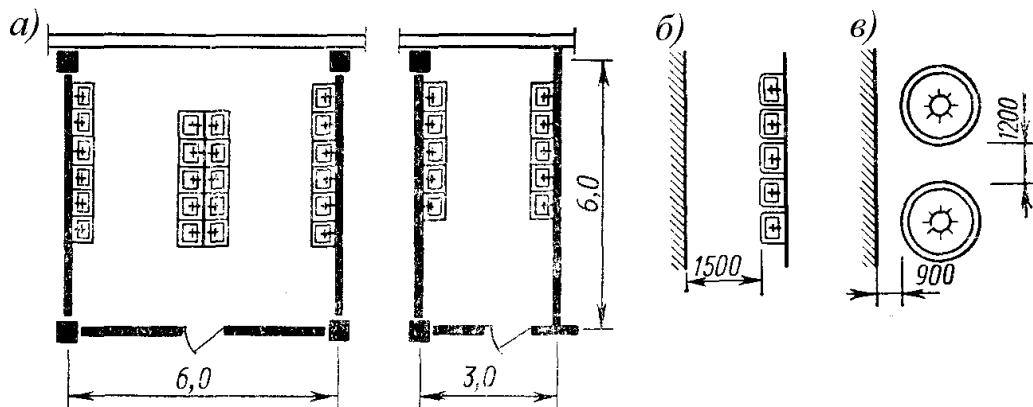


Рис. 4.4 Умивальні:  
а, б, в – приклади планування

Кількість кранів в умивальних визначають залежно від групи виробничих процесів і кількості працюючих у найбільш численній зміні (табл.4.5), при цьому крани у їдальнях і вбиральнях не враховуються.

Відстань між кранами умивальників приймають не менше 0,65 м, ширину проходу між рядом умивальників і протилежною стінкою – не менше 1,5 м (рис. 4.4 б), а при двосторонньому розташуванні умивальників – не менше 2,0 м (рис. 4.4 а). Ширина проходу між ними і стінкою – не менше 0,9 м (рис. 4.4 в). Якщо умивальників 4і менше, ширину проходу між рядами умивальників можна приймати не менше 1,8 м, а між рядом умивальником і стіною – 1,35 м.

Якщо, виробничі процеси пов'язані з суттєвим впливом на працюючих тепла (група II б) або агресивного середовища, слід передбачати душеві розташовані поблизу робочих місць. Їх огорожують шторами з водонепроникних матеріалів. Кількість душевих – один душ на 15 працюючих у зміні.

**Убиральні.** У виробничих будівлях убиральні розташовують рівномірно по відношенню робочих місць на відстані не більш 75 м. Для обслуговування устаткування, розміщеного на відкритих майданчиках відстань від робочих місць до убиралень не повинна перевищувати 150 м.

Частіше за все убиральні розташовують у комплексі з другими побутовими переміщеннями.

У багатоповерхових будівлях цехові убиральні повинні бути на кожному поверсі для чоловіків і жінок. Припустимо розташування убиралень через поверх при кількості працюючих на двох суміжних поверхах до 30, розташовуючи їх на поверсі з більшим числом працюючих. При кількості працюючих у зміні не більше 10 чоловік можливий устрій однієї убиральні для чоловіків і жінок.

Число унітазів залежить від кількості працюючих у найбільш чисельній зміні з розрахунку 15 жінок на 1 унітаз і 30 чоловіків на 1 унітаз і 1 пісуар. Унітази розташовують в окремих кабінах з дверми. Розміри кабін в осях перегородок – 1,2х0,9 м і висотою не менше 1,8м.

Ширина проходу між рядами кабін убиралень і протилежною стіною (перегородкою) приміщення убиральні – не менше 1,3 м, а при розміщенні пісуарів проти кабін ширину проходу збільшують на 0,7 м. За двохстороннім розташуванням кабін ширину проходу приймають не менше 2,0 м (рис.4.5).

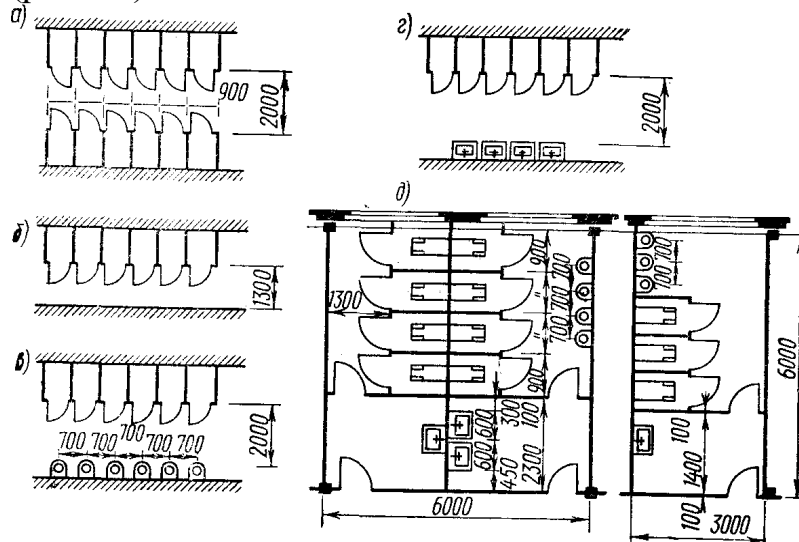


Рис. 4.5 Убиральні:

а–д– розміри кабін в осях і ширина проходів між рядами

При кожній убиральні розташовують шлюзи, в яких передбачають умивальники з розрахунку один умивальник на кожну убиральню.

**Приміщення для сушки, обезпилювання і знезараження робочого одягу.** Ці приміщення розташовують біля пральних для спецодягу. Площу приміщення для сушки одягу розташовують в залежності від устаткування, що розташовано в ньому. Опалювальне устаткування і вентиляційні установки в приміщеннях для сушки робочого одягу повинні забезпечувати висушування за часом не більше тривалості робочої зміни.

Якщо вміст вологи у робочому одязі однієї людини не перевищує 0,5 кг, припускається застосування у гардеробних закритих шаф, у нижній частині яких улаштовують отвори (0,03 м<sup>2</sup>на шафу), а зверху – механічну витяжку вологого повітря у кількості 25 м<sup>3</sup>/год.

Приміщення для обезпилювання одягу розташовують окремо або сумісно з приміщеннями для зберігання одягу. Площа такого приміщення не може бути більше 12 м<sup>2</sup>.

Для знезараження робочого одягу проектують окремі приміщення. Їх склад і площа залежать від способу знезараження, який узгоджується з органами Державного санітарного нагляду.

**Приміщення для власної гігієни жінок** входять до складу побутових приміщень. Вони передбачаються при чисельності жінок у найбільш чисельній зміні 15 і більше. У таких приміщеннях проектують міста для роздягання і індивідуальні кабінки для процедур, обладнанні гігієнічними душами. Кількість кабін – 1 кабіна на 100 жінок, працюючих у найбільш чисельній зміні. Розмір кабіни для процедур 1,80x1,20 м. Ширина проходу між стінами кабін – 2 м, а між рядом кабін і стіною – 1,3 м.

Площа місць для роздягання визначається з розрахунку 0,02 м<sup>2</sup> на одну жінку, що працює у найбільш чисельній зміні. На цій площі передбачаються лави з розрахунку 3 міста на 1 кабіну.

Приміщення для власної гігієни жінок рекомендується розташовувати поряд з жіночими вбиральнями з устроєм загального шлюзу, а також другого шлюзу перед входом у приміщення власної гігієни жінок. Якщо таке приміщення розташовано окремо від вбиральні слід передбачати вбиральню на один унітаз з умивальником і підводом до нього гарячої і холодної води.

**Кімнати для паління** розташовують суміжно з вбиральнями або приміщеннями для обігріву працюючих. Відстань від робочих місць до кімнат для паління, що розташовані в приміщеннях, що обігріваються, не повинні перевищувати 75 м, а для приміщень з відкритими установками – не більше 150 м.

За кількістю працюючих у найбільш чисельній зміні не більше 100 чоловік допускається використовувати для паління шлюзи при вбиральнях.

Площу приміщення для паління приймають не менше 9 м<sup>2</sup>, а її площа визначається з розрахунку на одного працюючого у найбільш чисельній зміні 0,03 м<sup>2</sup> для чоловіків і 0,01 м<sup>2</sup> – для жінок.

**Пункти харчування** розташовуються разом з побутовими приміщеннями. На хіміко-фармацевтичних підприємствах проектуються їдальні, буфети і кімнати для прийому їжі.

Працівники хіміко-фармацевтичних підприємств, як правило, повинні харчуватись у їдальнях.

На підприємствах з кількістю працюючих у найбільш чисельній зміні менше 250 чоловік проектують буфети, а при кількості працюючих у максимальній зміні менше 30 чоловік – кімнати прийому їжі.

Кількість місць у їдальнях приймають не менше 50, в буфетах – від 8 до 50. Відстань від їдалень і буфетів до робочих місць не повинна перевищувати: 200–300 м.

У їдальнях і буфетах проектуються умивальники з підводом холодної і гарячої води з розрахунку 1 умивальник на 10 посадочних місць

для виробничих груп II, III (крім IIIб) і IVб і 1 умивальник на 20 посадочних місць при виробництвах інших груп. Для виробничих процесів груп IIг, III (крім IIIб)IVб і IVе умивальні повинні бути окремими для жінок і чоловіків.

При їдальнях і буфетах передбачають вбиральні з умивальниками в шлюзах з розрахунку 1 унітаз на 100 посадочних місць.

Для обслуговування працівників, що одягненні у верхню одягу, у їдальнях проектується гардеробні. Їх площа визначається з розрахунку 0,25 м<sup>2</sup> на одне місце в гардеробних, кількість яких приймають рівною 120 % від числа посадочних місць, що призначаються для приходящих у верхній одягу.

Деяким категоріям працівників хіміко-фармацевтичних підприємств видається молоко. Роздачу молока потрібно проводити у фасованому виді у їдальнях або буфетах. Для цього проектується площа із розрахунку 0,1 м<sup>2</sup> на кожного працівника, що отримує молоко, із складу найбільш численної зміни.

Кімнати для прийому їжі призначаються для тих, хто вживає домашню їжу. Площа таких кімнат визначається з розрахунку 1 м<sup>2</sup> на кожного працівника, але повинна бути не менше 12 м<sup>2</sup>. Ці кімнати слід обладнати кип'ятильниками, холодильниками, електроплитами, умивальниками тощо.

**Пункти оздоровлення** проектується, коли кількість працюючих на підприємстві складає 500 і більше осіб. Пункти оздоровлення поділяються на лікарські загальнозаводські і фельдшерські пункти.

Норми передбачають чотири категорії пунктів оздоровлення: I - лікарський пункт з 3-4 лікарями; II – теж саме, з двома лікарями; III – теж саме, з одним лікарем; IV – фельдшерський пункт з одним фельдшером.

Категорію загальнозаводського пункту оздоровлення призначають залежно від числа працюючих на підприємстві (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Категорії пунктів оздоровлення залежно від числа працюючих

Кількість працюючих, чол	Категорія
500 – 1200	IV
1201 – 2000	III
2001 – 3000	II
3001 – 4000	I

Лікарські пункти оздоровлення передбачаються на підприємствах, розташованих на відстані більше 4 км від поліклінік.

## РОЗДІЛ 5

### ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО СПЕЦІАЛЬНИХ ЧАСТИН ПРОЕКТУ

При проектуванні опалювання, вентиляції, водопостачання, каналізації, освітлення і електропостачання, виробничих і допоміжних будівель і споруд слід керуватися нормативними вимогами, викладеними у відповідних частинах СНіП, «Санітарних норм проектування промислових підприємств», а також «Проектування протипожежних заходів у системах опалювання і вентиляції».

#### 5.1 Опалювання

Проектування систем опалювання будівель і споруд ведеться на основі наступних вихідних даних: кліматичні дані району будівництва, термічний опір будівельних конструкцій (стін, покриття, скління, воріт, дверей та ін.), що захищають, тип джерела тепlopостачання і вид теплоносія, нормативні і технологічні вимоги до метеорологічних умов приміщень, дані про тепловиділення від устаткування і комунікацій.

Кліматичні дані пункту будівництва приймають по СНіП. Для деяких пунктів ці дані приведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Кліматичні дані опалювального періоду

Пункт	Температура повітря, °С				Опалювальний період		Середня швидкість вітру в січні, м/с
	абсолютна мінімальна	середня найбільш холодної п'ятиденки	середня найбільш холодної доби	розрахункова для вентиляції	Тривалість, доба	Середня температура, °С	
Київ	-32	-21	-26	-10	187	-1,1	4,3
Харків	-36	-23	-28	-11	189	-2,1	5

Термічний опір конструкцій, що захищають, розраховують відповідно до глави СНіП по будівельній теплотехніці.

Джерелом тепlopостачання на підприємствах є власна котельня (ТЕЦ) або магістральна мережа від стороннього джерела. Як теплоносії можуть бути пар температурою 130–230 °С і перегріта вода початковою температурою 150 °С і кінцевою – 70 °С.

Проект опалювання виробничих і допоміжних будівель повинен забезпечувати створення в приміщеннях і в зоні робочих місць метеорологічних умов (температура, вологість, швидкість руху повітря) відповідно до нормативних показників по СНіП (таблиця 5.2, 5.3).

Майже усі технологічні процеси пов'язані з виділеннями у виробничу зону тепла від устаткування і комунікацій. Розрахунок тепловиділень проводять в технологічній частині проекту.

При надлишкових тепловиділеннях в приміщеннях слід забезпечити нормативні метеорологічні умови тільки в зоні робочих місць, а опалювання в цілому проектувати тільки на черговий режим (5 °С).

При визначенні орієнтовних витрат тепла на опалювання будівлі можна скористатися розрахунками тепловтрат за формулою

$$Q_{\text{буд}} = q_0 (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}) V_{\text{буд}},$$

де  $q_0$ – питома теплохарактеристика, Вт/(м<sup>3</sup>·К), яка для будівель допоміжних виробництв приблизно дорівнює 0,4-0,6; для будівель основного виробництва – 0,2-0,40; для будівель побутових приміщень – 0,3-0,4;

$t_{\text{вн}}$ – температура усередині приміщення, °С;

$t_{\text{зов}}$ – зовнішня температура повітря найбільш холодної п'ятиденки, °С;

$V_{\text{буд}}$ – об'єм будівлі, м<sup>3</sup>.

Систему опалювання, вид теплоносія і тип нагрівальних приладів необхідно вибирати з урахуванням категорії виробництва і класу приміщень.

**Найбільше поширення мають водяні системи опалювання** як найбільш позитивно зарекомендовані в експлуатації, гігієнічні і забезпечуючи якісне регулювання температури теплоносія залежно від температури зовнішнього повітря. Системи водяного опалювання з місцевими нагрівальними приладами проектують одно- або двотрубними. Вибір системи обґрунтовується розрахунками економічних показників. По санітарних вимогах і за умовами безпеки температура на поверхні нагрівальних приладів не повинна перевищувати 110 °С в приміщеннях з вибухо- і пожежонебезпечними виробництвами, 115 °С– в приміщеннях з пожежонебезпечними виробництвами, 150 °С– в приміщеннях інших категорій, 105 °С– в побутових і допоміжних приміщеннях. Основними типами нагрівальних приладів на підприємствах фармацевтичної промисловості є радіатори, реєстри з гладких труб і повітряопалювальні агрегати різних марок.

Введення теплоносія в будівлю здійснюється від зовнішніх теплових мереж через тепловий пункт, розташований на першому поверсі. При значній протяжності будівлі доцільно проектувати декілька введень. Прокладення трубопроводів слід проектувати відкритим (по стінах, колонах, інших будівельних конструкціях). Ухили трубопроводів мають бути не менше 0,002. При прокладенні трубопроводів слід передбачати монтажні проміжки між трубами і будівельними конструкціями, а також гільзи з труб в місцях перетинів конструкцій. Ізоляцію трубопроводів для

Таблиця 5.2

Норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень в холодний і перехідний періоди року (температура зовнішнього повітря не нижче – 10 °С)

Характеристика виробничого приміщення і періоду року	Категорія роботи	На постійних робочих місцях						Допустима температура повітря поза постійними робочими місцями, °С
		Оптимальні			Допустимі			
		температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	
Приміщення, що характеризуються незначними надлишками явного тепла (23 Вт/м <sup>2</sup> або менш) в холодний перехідний період (температура зовнішнього повітря нижче 10 °С)	Легка  Середньої тяжкості	20-22  17-19	60-30  60-30	Не більше 0,2  Не більше 0,3	17-22  15-20	Не більше 75  Теж	Не більше 0,3  Не більше 0,5	15-22  13-20
	Важка	16-18	60-30	Теж	13-18	—	Теж	12-18



Продовження табл. 5.2

Характеристика виробничого приміщення і періоду року	Категорія роботи	На постійних робочих місцях						Допустима температура повітря поза постійними робочими місцями, °С
		Оптимальні			Допустимі			
		температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	
Те ж в теплий період (температура зовнішнього повітря 10 °С і вище)							Не більше ніж 3 °С вище середньої температур и зовнішнього повітря о 13 год найжаркішого місяця	
	Легка	22-25	60-30	0,2-0,5	Не більше ніж на 3°С вище середньої температури зовнішнього повітря о 13 год найжаркішого місяця, але не більше 28°С	більше 55. При 27 °С не більше 60. При 26 °С не більше 65. При 25 °С не більше 70. При 24 °С і нижче не	0,3-0,5	Те ж
	Середньої тяжкості	20-23	60-30	0,2-0,5	Те ж	Те ж	Те ж	Те ж

Продовження табл. 5.2

Характеристика виробничого приміщення і періоду року	Категорія роботи	На постійних робочих місцях						Допустима температура повітря поза постійними робочими місцями, °С
		Оптимальні			Допустимі			
		температура повітря, °С	відносність на вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	
							Не більше ніж 3 °С вище середньої температури зовнішнього повітря о 13 год найжаркішого місяця	
	Важка	18-21	60-30	0,3-0,7	Те ж, але не більше 26	При 26 °С не більше 65. При 25 °С не більше 70. При 24 °С і нижче не більше 75	0,5-1	
Приміщення, що характеризуються значними надлишками явного тепла (більше 23 Вт/м <sup>2</sup> в холодний перехідний	Легка	20-22	60-30	Не більше 0,2	17-24	Не більше 75	Не більше 15-26	
перехідний	Середньої тяжкості	17-19	60-30	Не більше 0,3	16-22	Теж	15-24	

Продовження табл. 5.2

Характеристика виробничого приміщення і періоду року	Категорія роботи	На постійних робочих місцях						Допустима температура повітря поза постійними робочими місцями, °С
		Оптимальні			Допустимі			
		температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	
період температура зовнішнього повітря нижче 10 °С)	Важка	16-18	60-30	Те ж	13-17	Не більше 75	Не більше 0,5	12-19
Те ж в теплий період (температура зовнішнього повітря 10 °С і вище)	Легка	22-25	60-30	0,2-0,5	ніж на 5 °С вище середньої температур зовнішнього повітря в 13 год найжаркішого місяця, але не	не більше 55 %. При 27 °С не більше 60 %. При 26 °С не більше 65 %. При 25 °С не більше 70 %. При 24 °С і нижче не більш-	0,3-0,7	Не більше ніж 5 °С вище середньої температури зовнішнього повітря о 13 год найжаркішого місяця

Продовження табл. 5.2

Характеристика виробничого приміщення і періоду року	Категорія роботи	На постійних робочих місцях						Допустима температура повітря поза постійними робочими місцями, °С
		Оптимальні			Допустимі			
		температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря,	
		20-23	60-30	0,2-0,5	Не більше ніж на 5 °С вище середньої температури зовнішнього повітря в 13 год найжаркішого місяця, але не більше 28 °С	При 28 °С не більше 55 %. При 27 °С не більше 60 %. При 26 °С не більше 65 %. При 25 °С не більше 70 %. При 24 °С і нижче не більше 75 %	0,5-1	Не більше ніж 5 °С вище середньої температури зовнішнього повітря о 13 год найжаркішого місяця
	Середньої тяжкості	18-21	60-30	0,3-0,7	Те ж, але не більше 26 °С	При 26 °С не більше 65 %. При 25 °С не більше 70 %. При 24 °С і нижче не більше 75 %	0,5-1	Теж
	Важка							

Примітки до табл. 5.2:

1. Характеристику виробничих приміщень по категоріях виконуваних в них робіт залежно від витрат енергії слід встановлювати відповідно до відомчих нормативних документів, узгоджених в установленому порядку, виходячи з категорії робіт, що виконуються 50 %-ми(і більше) працюючих у відповідному приміщенні.

2. У графі 5 велика швидкість руху повітря відповідає максимальній температурі повітря, менша – мінімальній.

3. У районах з підвищеною відносною вологістю зовнішнього повітря при природній вентиляції будівель і споруд допускається приймати при визначенні необхідного повітрообміну для теплого періоду року (розрахункові параметри А) відносну вологість повітря в робочій зоні на 10 % вище встановленої в графі 5 для допустимих параметрів повітряного середовища.

4. Параметри повітря у виробничих приміщеннях (температура, відносна вологість і швидкість руху повітря) поза робочою зоною не нормуються.

приміщень з вибухо- іпожежонебезпечними виробництвами, а також в підвальних приміщеннях загального призначення необхідно проектувати з матеріалів, що не згорають, для інших приміщень – з важкогорючих матеріалів.

Нагрівальні прилади слід розміщувати переважно під світловими отворами, прилади мають бути доступні для огляду і очищення. У приміщеннях, де знаходяться вибухо- і пожежонебезпечні виробництва, треба встановлювати нагрівальні прилади з гладкою поверхнею, які легко чистити.

У нагрівальних приладів слід передбачати запірну або регулюючу арматуру для монтажного і експлуатаційного регулювання. У місцях, де є небезпека заморожування приладів, арматура не встановлюється.

У проекті опалювання має бути приділена особлива увага питанням економії теплоенергоресурсів, вторинному використанню тепла, обліку витрачання теплових ресурсів по будівлях і підприємстві в цілому.

Для виробництв категорії А, як правило, проектують систему повітряного опалення, суміщену з припливною вентиляцією.

## **5.2 Вентиляція**

Основними нормативними документами при проектуванні вентиляції виробничих і допоміжних будівель і споруд є СНіП "Опалювання, вентиляція і кондиціонування повітря", "Санітарні норми проектування хімічної підприємств", "Правила безпеки для виробництв мікробіологічної промисловості", а також відомчі норми технологічного проектування конкретних виробництв.

Метеорологічні умови в обслуговуваній зоні приміщення  
допоміжних будівель промислових підприємств

Період року	Температура повітря в приміщенні, °С	Відносна вологість, %, не більш	Швидкість руху повітря, м/с, не більш
Допустимі			
Холодний і перехідний (температура зовнішнього повітря нижче 10 °С)	18-22	65	0,3
Теплий (температура зовнішнього повітря 10 °С і вище)	Не більше ніж на 3 °С вище розрахункової температури зовнішнього повітря (розрахункові параметри А)	65	0,5
Оптимальні			
Холодний і перехідний (температура зовнішнього повітря нижче 10 °С)	20-22	45-30	0,1-0,15
Період року	Температура повітря в приміщенні, °С	Відносна вологість, %, не більш	Швидкість руху повітря, м/с, не більш
зовнішнього повітря нижче 10 °С)			
Теплий (температура зовнішнього повітря 10 °С і вище)	20-25	60-30	0,25

Примітки: 1. У приміщеннях громадських будівель з короткочасним перебуванням людей у вуличному одязі в холодний період року допускається приймати температуру повітря 16 °С

2. У приміщеннях громадських будівель, що проектуються для ІV кліматичного району, в яких передбачається установка стельових вентиляторів, необхідно приймати наступні швидкості руху повітря в теплий період року при температурі повітря: 26 °С – не більше 0,3 м/с; 28 °С – не більше 0,7 м/с; 30 °С і вище – не більше 1 м/с.

Проект вентиляції розробляється спільно з розробкою проекту опалювання. Системи повітряного опалювання є складовою частиною розділу вентиляції. Вихідними даними для проектування вентиляції будівель і споруд є:

- дані технологічної частини проекту по категоріях виробництв, тепловиділеннях (від технологічного устаткування, внутрішніх мереж), а також дані по тепловиділеннях електродвигунів і інших електроустановок;
- дані про видалення шкідливостей в приміщення: газів, пари, пилу;
- технологічні вимоги до якості повітряного середовища у виробничих приміщеннях, в приміщеннях лабораторій, боксів, термостатів і інших спеціальних приміщеннях;

- кліматичні дані району будівництва підприємства. Завданням проекту виробничої вентиляції є забезпечення встановлених санітарними і технологічними вимогами метеорологічних умов і чистоти повітря в приміщеннях будівель і споруд. Аварійна вентиляція повинна забезпечити ліквідацію (локалізацію) наслідків відхилень в технологічних режимах, аварій устаткування і комунікацій і в інших випадках, що викликають раптову різку зміну стану повітряного середовища в приміщенні, загрозове вибухом, пожежею, отруєнням персоналу.

Основні технологічні процеси хіміко-фармацевтичних виробництв характеризуються значним надлишковим тепловиділенням. Видалення в приміщення шкідливостей у вигляді аерозолів, пилу від компонентів сировини і готової продукції та ін. при нормальному технологічному режимі, як правило, є місцевими, і основні способи боротьби з ними зводяться до максимальної герметизації устаткування і комунікацій, пристрою відсмоктувань безпосередньо від місць видалення шкідливостей, систематичному прибиранню приміщень.

Основним завданням, яке доводиться вирішувати в проекті вентиляції приміщень, є боротьба з надлишковими тепловиділеннями. У виробничих будівлях і спорудженнях хіміко-фармацевтичної промисловості зазвичай застосовують вентиляцію примусову (з механічним спонуканням), природну і змішану.

Вентиляцію з природним імпульсом проектують в приміщеннях, де відсутні виділення теплоти і інших шкідливостей, і де на одного працюючого доводиться більше 40 м<sup>3</sup>, або в приміщеннях, що не обслуговують.

Вентиляцію з механічним спонуканням проектують в тих випадках, коли необхідні метеорологічні умови і чистота повітря в приміщенні не можуть бути забезпечені вентиляцією з природним імпульсом.

При змішаній вентиляції основний повітрообмін забезпечується вентиляцією з механічним спонуканням, а вентиляція з природним імпульсом служить для часткового видалення або припливу повітря.

Системи місцевих відсмоктувань мають бути окремими від витяжних систем загальнообмінної вентиляції. Системи вентиляції, кондиціонування повітря і повітряного опалювання слід проектувати окремими для кожної

групи приміщень, відокремлених протипожежними стінами. Для приміщень, де знаходяться вибухо- і пожежонебезпечні виробництва, слід, крім того, проектувати окремі системи для кожного поверху. Допускаються загальні системи для груп суміжних приміщень, якщо вони відносяться до одного технологічного процесу і в них використовуються вибухонебезпечні речовини одного виду.

Системи вентиляції, кондиціонування повітря і повітряного опалювання для приміщень з виробництвами категорій Г і Д мають бути загальними. Для однорідних допоміжних приміщень слід проектувати загальну систему вентиляції, кондиціонування повітря і повітряного опалювання.

Суміжні приміщення, що сполучаються отворами, при загальній площі отворів більше 25 % площі стіни або підлоги слід вважати одним загальним приміщенням.

Загальнообмінна вентиляція виробничих приміщень за відсутності даних про видалення шкідливостей повинна забезпечувати кратність повітрообміну відповідно до приведених нижче даних у табл. 5.4.

Таблиця 5.4

Кратність повітрообміну загальнообмінної вентиляції  
виробничих приміщень

Найменування приміщення	Кратність повітрообміну, не менше
Приміщення у виробництві хімічних продуктів	20
Відділення ректифікації	8
Зливні відділення і склади спирту	8
Вуглекислотні цехи	3
Насосна сульфатної або хлоридної кислоти	14
Насосна азотної кислоти	12

Кількість припливного повітря, що подається в приміщення для поглинання теплонадлишків,  $G$ , кг/год, знаходять за формулою

$$G = \frac{Q_{\text{надл}}}{0,24(t_{\text{вид}} - t_{\text{пр}})},$$

де  $Q_{\text{надл}}$  – теплонадлишки приміщення, Вт;

$t_{\text{вид}}$  і  $t_{\text{пр}}$  – температура повітря, що видаляється і припливного, °С.

З приміщень з надлишковими тепловиділеннями повітря, як правило, віддаляється з верхньої зони. Його температуру  $t_{\text{вид}}$ , °С, слід визначати за формулою

$$t_{\text{вид}} = \frac{t_{\text{пз}} - t_{\text{пр}}}{m} + t_{\text{пр}},$$



де  $t_{pz}$  – температура в робочій зоні нормативна, °С;

$m$  – коефіцієнт, що характеризує розподіл тепловиділень по приміщенню.

Рекомендовані значення коефіцієнту  $m$  для різних приміщень хіміко-фармацевтичних виробництв приведені у табл. 5.5

Таблиця 5.5

Значення коефіцієнту, що характеризує розподіл тепловиділень по приміщенню

Найменування приміщення	$m$
Гідролізні відділення	0,5-0,6
Відділення ректифікації	0,4-0,5
Сушарні відділення	0,5
Відділення повітродувок	0,6-0,7
Лабораторії	0,4
Ділянка сепарації	0,3
Склади продукції, фасування продукції	0,5

Якщо відома величина вологовидалення в приміщенні, кількість повітря, що подається,  $G$ , кг/год, визначають за формулою

$$G = \frac{u}{K_2 - K_1},$$

де  $u$  – кількість вологовиділень, кг/год;

$K_1$  – вологовміст припливного повітря, кг/кг;

$K_2$  – вологовміст повітря в робочій зоні, кг/кг повітря.

Щоб уникнути утворення конденсату (туману) відносна вологість повітря в приміщенні не повинна перевищувати 70 %, що відповідає вологовмісту 11,8 г/кг повітря (при температурі повітря 22 °С). При одночасному видаленні в приміщення декількох шкідливостей повітрообмін приймають за найбільшою розрахунковою величиною.

Повітрообмін в приміщенні в умовах застосування рециркуляції, який потрібний для забезпечення необхідних параметрів повітряного середовища в робочій або обслуговуваній зоні приміщень, визначаються розрахунком на підставі кількості теплоти, вологи (водяної пари), газів і пилу, що надходять в приміщення, враховуючи нерівномірність їх розподілу по висоті і площі приміщень, а також видалення повітря з робочої або обслуговуваної зони приміщень.

Витрата повітря  $L$ , м<sup>3</sup>/год, слід визначати окремо для теплого і холодного періодів року і перехідних умов, приймаючи найбільшу з отриманих величин, при щільності припливного повітря, що видаляється, 1,2 кг/м<sup>3</sup>

1) при розрахунку за надлишками явної теплоти

$$L_1 = L_{pz} + \frac{3,6Q_{я} - 1,2L_{pz}(t_{pz} - t_{пр})}{1,2(t_{вид} - t_{пр})};$$

2) при розрахунку за надлишками повної теплоти

$$L_2 = L_{pz} + \frac{3,6Q_{п} - 1,2L_{pz}(I_{pz} - I_{пр})}{1,2(I_{вид} - I_{пр})};$$

3) при розрахунку за надлишками вологи (водяної пари)

$$L_3 = L_{pz} + \frac{W - 1,2L_{pz}(d_{pz} - d_{пр})}{1,2(d_{вид} - d_{пр})};$$

4) при розрахунку по масі шкідливих речовин (пари, газів і пилу), що видаляються

$$L_4 = L_{pz} + \frac{Z - L_{pz}(z_{pz} - z_{пр})}{z_{вид} - z_{пр}};$$

де  $L_{pz}$  – витрата повітря, що видаляється з робочої або обслуговуваної зони приміщення системами місцевих відсмоктувань, загальнообмінною вентиляцією і на технологічні потреби, м<sup>3</sup>/год;

$Q_{я}$ ,  $Q_{п}$  – надлишковий явний і повний теплові потоки в приміщенні, Вт;

$W$  – надлишки вологи (водяної пари) в приміщенні, г/год;

$Z$  – маса кожного з шкідливих речовин, що поступають в повітря приміщення, мг/год;

$t_{pz}$ ,  $I_{pz}$ ,  $d_{pz}$  – відповідно, температура, °С, питома ентальпія, кДж/кг, вологовміст, г/кг повітря робочої або обслуговуваної зони приміщення, що видаляється системами місцевих відсмоктувань, загальнообмінною вентиляцією і на технологічні потреби;

$t_{уд}$ ,  $I_{уд}$ ,  $d_{уд}$  – відповідно, температура, °С, питома ентальпія, кДж/кг, вологовміст, г/кг повітря, що видаляється з приміщення за межами робочої або обслуговуваної зони;

$t_{пр}$ ,  $I_{пр}$ ,  $d_{пр}$  – відповідно, температура, °С, питома ентальпія, кДж/кг, вологовміст, г/кг повітря, що подається в приміщення (припливного);

$z_{pz}$ ,  $z_{ух}$  – концентрація шкідливої речовини (пари, газу і пилу) в повітрі, що видаляється, відповідно, з робочої зони приміщення і за межами робочої зони, мг/м<sup>3</sup>;

$z_{пр}$  – концентрація шкідливої речовини (пари, газу і пилу) в повітрі, що подається в приміщення (припливному).

За відсутності даних про кількість декількох шкідливостей, що

видаляються в приміщення, витрату повітря  $L_n$ , м<sup>3</sup>/год, визначається по нормованих кратностях повітрообміну для кожного приміщення

$$L_n = V_p n,$$

де  $V_p$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$n$  – нормована кратність повітрообміну, год<sup>-1</sup>.

Витрата зовнішнього повітря в приміщенні визначається за кількості повітря, яка віддаляється назовні системами витяжної вентиляції і технологічним устаткуванням з урахуванням нормованого дисбалансу.

Мінімальна кількість зовнішнього повітря, яку необхідно подавати в приміщення, визначається по табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Мінімальна витрата зовнішнього повітря

Приміщення, окремі ділянки, зони	З природним провітрюванням, витрата, м <sup>3</sup> /год на 1 особу	Без природного провітрювання			Припливні системи
		Витрата			
		м <sup>3</sup> /год на 1 особу	об/год	%загальноного повітрообміну, не більш	
Виробничі	30*	60	1		Без рециркуляції або з рециркуляцією при кратності повітрообміну 10 обмінів і більш за 1 годину
	20**				
	90	-	15		
	120	-	10		
Громадські і адміністративно-побутові	За вимогами СНиП	60	-	-	-
		20***	-	-	-

Примітки:

\* При об'ємі приміщення (ділянки, зони) на 1 ос. менше 20 м<sup>3</sup>.

\*\* При об'ємі приміщення (ділянки, зони) на 1 ос. 20 м<sup>3</sup> і більш.

\*\*\* Для залів для глядачів, залів нарад і інших приміщень, в яких люди знаходяться до 3 годин безперервно.

При проектуванні систем вентиляції і кондиціонування повітря слід прагнути до максимальної економії коштів за рахунок рециркуляції повітря. Збільшення доли рециркуляційного повітря до максимуму і зменшення припливного повітря, що забирається зовні, до мінімуму призводить до зниження капітальних і експлуатаційних витрат.

Рециркуляція повітря передбачається, як правило, із змінною витратою, залежною від зміни параметрів зовнішнього повітря.

Можливість застосування рециркуляції повітря в приміщеннях з різним технологічним процесом визначається по СНіП.

Для приміщень з вибухо- і пожежонебезпечними виробництвами (категорії А, Б і Є), проектують аварійну витяжну вентиляцію. До таких відносяться, наприклад, приміщення, в яких працюють з ЛЗР, із застосуванням розчинників, озонаторні відділення, вуглекислотні цехи, насосні зарядні (акумуляторні) станції та ін.

У цих приміщеннях передбачають аварійну вентиляцію, що забезпечує 8-кратний повітрообмін з урахуванням постійно діючої примусової вентиляції. Якщо постійно діюча механічна вентиляція забезпечує кратність повітрообміну більше 8, аварійну вентиляцію можна не проектувати. Постійно діюча механічна вентиляція повинна мати резервний вентилятор з автоматичним блокуванням.

У приміщеннях, де можливе утворення вибухонебезпечної концентрації газів, витяжна аварійна вентиляція повинна включатися автоматично через газоаналізатори. Окрім автоматичного включення, аварійна сигналізація повинна мати також ручне включення.

Пускові пристрої аварійної вентиляції слід розташовувати у основних входних дверей зовні і усередині приміщення.

У приміщеннях, де розташовані виробництва, в яких використовуються речовини, що не згорають, допускається застосовувати системи аварійної вентиляції з природним імпульсом, якщо вона забезпечить необхідну продуктивність.

Для компенсації видалення повітря з приміщення аварійною вентиляцією проектується автоматичне відкриття віконних фрамуг для припливу зовнішнього повітря.

У приміщеннях, суміжних з приміщеннями класів В-І і В-Іа, припливна вентиляція повинна забезпечувати надлишковий тиск, щоб виключити попадання в них вибухонебезпечних газів.

В цілях економії енергоресурсів на підігрівання повітря в холодний і перехідний періоди року можна передбачати часткову рециркуляцію повітря в межах одного приміщення або групи приміщень, якщо це не призводить до погіршення метеорологічних умов і підвищення концентрації забруднень в повітрі. Виняток становлять приміщення з вибухо- і пожежонебезпечними виробництвами, в яких рециркуляція повітря не допускається як в робочий, так і в неробочий час.

Припливне повітря у виробничі приміщення з надлишковими тепловиділеннями в робочу або обслуговувану зону слід подавати на

висоті 1-1,5 м від рівня підлоги або вертикальними струменями з розподільників повітря, розташованих на висоті не більше 6 м від рівня підлоги. При похилих струменях висота розподільників повітря має бути не більше 4 м.

У приміщеннях з виділенням пилу подача припливного повітря повинна здійснюватися через розподільників повітря, розташованих вище за робочу або обслуговувану зону.

Для робочих місць, розташованих поблизу джерел тепловиділення інтенсивністю  $350 \text{ Вт/м}^2$  і більш, слід передбачати системи повітряного душування. Швидкість руху повітря в робочій зоні повинна складати не більше 3-5 м/с, а температура повітря, що подається в робочу зону, - не вище 28-30 °С.

У тамбурах-шлюзах приміщень, де розташовані вибухо- і пожежонебезпечні виробництва, слід проектувати подачу повітря не менше 5 об'ємів за 1 год, але не менше  $250 \text{ м}^3/\text{год}$ , а при об'ємі тамбурів-шлюзів більше  $100 \text{ м}^3$  – не менше  $500 \text{ м}^3/\text{год}$ . Повітря подається над дверима, потік прямує вниз.

Повітря з приміщень повинне віддалятися безпосередньо від місць виділення шкідливостей або із зон найбільшого забруднення. Витрата повітря для видалення шкідливих речовин, швидкість його руху (чи розрідження в укриттях) слід приймати на підставі даних технологічної частини проекту. Як правило, місцеві відсмоктування або укриття є невід'ємною частиною технологічного устаткування.

Видалення повітря з приміщень з надлишковими тепловиділеннями слід передбачати з верхньої зони, а в приміщеннях з виділенням тільки пилу – з нижньої зони.

Природну вентиляцію проектують з урахуванням виключення можливості попадання припливного зовнішнього холодного повітря безпосередньо в зону робочих місць в зимовий період.

Для проектування систем вентиляції різних виробничих приміщень хіміко-фармацевтичної промисловості рекомендуються наступні рішення, вживані на діючих підприємствах.

1. У відділенні хімічного синтезу витяг по поверхам вирішується окремими витяжними системами для кожного поверху. На першому поверсі – найбільш напруженому по видаленню шкідливостей – витяг здійснюється осьовими або відцентровими вентиляторами через мережу повітроводів. У іншій частині приміщення першого поверху загальнообмінна вентиляція забезпечується за допомогою осьових або відцентрових вентиляторів, що встановлюються в спеціальних шахтах. На другому поверсі надлишок теплоти видаляють за допомогою осьових вентиляторів. Місцеві відсмоктування влаштовують у насосів перекачування кислоти, на третьому поверсі витяг здійснюється за допомогою парасольок, що встановлюються над кришками апаратів.

2. Приплив повітря забезпечується загальною припливною системою у верхню зону через розподільників повітря, змонтованих на стіні. На

другому поверсі подача повітря спрямовується в робочу зону через перфоровані повітроводи і пристельові розподільників повітря. На третьому поверсі припливне повітря подається до робочих місць з душуючих патрубків, розташованих на висоті 1,9–2,0 м від рівня підлоги. Душуюча подача очищеного повітря забезпечується окремою системою. У інші приміщення третього поверху припливне повітря подається через пристельові розподільники повітря або перфоровані повітроводи.

3. У приміщеннях кислотних станцій передбачені окрім 14-кратного повітрообміну місцеві відсмоктування від насосів,  $1/3$  об'єми забрудненого повітря віддаляється з верхньої зони і  $2/3$  – з нижньої. У приміщенні кислотної станції створюється розрідження за рахунок перевищення величини витягу над припливом на 10 %. Сполучення кислотної станції з іншими приміщеннями здійснюється через тамбур-шлюз з підпором повітря.

4. У відділеннях сушки, які за вибухо- і пожежній небезпеці відносяться до категорії Б і характеризуються надлишковими виділеннями тепла і можливістю пиловидалення, система вентиляції забезпечує видалення надлишкового тепла через вентилятори, які змонтовані на даху. Приплив очищеного і підігрітого (у зимовий час) повітря здійснюється безпосередньо до робочих місць через душуючі патрубки продуктивністю по 4000-5000 м<sup>3</sup>/год. Приплив іншої кількості повітря здійснюється взимку через верхні фрамуги вікон і літом – через нижні.

5. У приміщеннях пакування використовується, в основному, природна вентиляція з малою швидкістю руху повітря. Витяг повітря здійснюється за допомогою дефлекторів, а приплив може бути неорганізованим. Місцевий витяг від місць пиловидалення забезпечується окремою витяжною системою. Ділянки упаковки, які відносяться за вибухо- і пожежонебезпечністю до категорії Б, сполучаються з іншими приміщеннями через тамбур-шлюз, оснащений спринклерною системою пожежегасінні.

6. Відділення ректифікації характеризуються надлишками теплоти і виділеннями пари горючих речовин. У зв'язку з тим, що розрахункові повітрообміни для поглинання надлишкової теплоти в зимовий період не забезпечують необхідної кратності для поглинання газовиділень, приймають наступні повітрообміни, наприклад: для фурфуролу – 10-кратний; для спирту – 8-кратний.

Повітря віддаляється через вентилятори на даху, приплив – через розподільники повітря у місць обслуговування і у робочих місць. Передбачена система аварійної вентиляції. Вентилятори і їх комплектація з двигунами передбачається у вибухозахищеному виконанні.

7. Для приміщень зі значними надлишковими виділеннями теплоти (реакції нітрування, розбавлення концентрованої сульфатної кислоти та ін.) на асиміляцію і видалення цих виділень розрахована загальнообмінна вентиляція. На першому поверсі витяг здійснюється через вентилятори на даху з верхньої зони приміщень, а приплив – через верхні фрамуги вікон,

що відкриваються, взимку і нижні – влітку. На другому поверсі, де вимагається підтримка технологічної чистоти повітря, припливне повітря, очищене на фільтрах тонкого очищення, подається в робочу зону через роздавальні патрубки. Витяг відбувається через вентилятори на даху.

У системах вентиляції застосовуються осьові і радіальні (відцентрові) вентилятори. Відцентрові вентилятори випускають в лівому і правому виконаннях, із звичайної вуглецевої сталі, з корозійностійких матеріалів або з антикорозійним покриттям, у вибухобезпечному виконанні за спеціальними умовами. Осьові вентилятори слід встановлювати в отворах стін і на даху. В усіх інших випадках слід застосовувати відцентрові вентилятори. Вентилятори підбирають за аеродинамічними характеристиками відповідно до розрахункової продуктивності, допустимих швидкостей руху повітря, конструкції і довжини повітроводів. Тип вентилятора вибирається з урахуванням складу повітря, що транспортується, а також категорії виробництва і класу приміщення.

Вентиляційні камери проектують з типових секцій або із звичайних будівельних неспалимих конструкцій і матеріалів. Оптимальним радіусом дії вентиляційної системи є 20-30 м, граничним слід рахувати 50-60 м.

Огороджувальні конструкції вентиляційних камер повинні мати межі вогнестійкості не менше 1 год.

Витяжні вентиляційні камери вибухонебезпечних виробництв облаштовують протипожежними дверми з межею вогнестійкості не менше 0,75 год. Витяжні вентиляційні системи, розміщують зовні на окремих фундаментах, площадках, перекриттях зовнішніх установок або на покриттях промислових споруд. Не допускається сумісне розташування витяжних вентиляторів, що обслуговують приміщення різних категорій за пожежною безпекою.

Виходи з припливних вентиляційних камер, що обслуговують вибухонебезпечні виробництва, проектують назовні або у сходові шахти. Дозволяється устрій виходів з припливних вентиляційних камер, що обслуговують виробництва категорії А, Б і Є, у приміщення, які відносяться по пожежній безпеці до категорій Г і Д.

Виходи з витяжних вентиляційних камер, що обслуговують вибухонебезпечні виробництва, слід проектувати безпосередньо назовні або через тамбур-шлюз у сходову шахту і коридор. Як виключення допускається проектувати вихід із витяжних вентиляційних камер у виробництві приміщення, але за умов, що все електроустаткування розміщене у камерах і на виробництві буде виконано у вибухонебезпечному виконанні. На випадок пожежі на таких виробництвах передбачається можливість дистанційного виключення вентиляційних систем, розташованих у витяжних камерах.

Усі воздуховоди на виробництвах категорії А, Б і Є необхідно проектувати з незгораємих матеріалів. Не дозволяється прокладати повітроводи, що обслуговують вибухонебезпечні приміщення, через

приміщення інших категорій за пожежною безпекою. Втім за необхідністю прокладки такого повітроводу через приміщення іншої категорії його виконують з ретельною герметизацією, а конструктивно його роблять зварним, без роз'ємних сполучень з наступною штукатуркою цементним розчином по металевій сітці або розмішують у залізобетонний короб на цій ділянці.

Витяжні шахти від вентиляторів постійно працюючої витяжної вентиляції виводять вище коника даху промислових споруд на висоту не менше 1 м і віддаляють від місць, де розташовуються повітрязбірні шахти, на відстань не менше 20 м по горизонталі. За винятком допускається розташовувати витяжні шахти на 6 м і вище повітрязаборного отвору. Усі металеві повітряводи і вентиляційне устаткування припливних і витяжних установок виробництва категорії А і Б підлягають заземленню.

### **5.3 Водопостачання**

При проектуванні водопостачання необхідно дотримувати вимоги СНіП "Внутрішній водопровід і каналізація будівель", санітарні норми". Вихідними даними для проектування водопостачання служать:

- технічні умови на водопостачання підприємства, що видаються місцевими гідрологічними і санітарними службами на стадії вибору майданчика під будівництво підприємства;
- аналізи якості води джерела водопостачання;
- характеристика джерела водопостачання (дебіт, гідрологічний режим, умови здійснення водозабору);
- вимоги технології до якості води і об'єми водоспоживання по виробничих процесах;
- дані про чисельний склад тих, що працюють по цехах і ділянках.

Підприємства хіміко-фармацевтичної промисловості – великі споживачі води, причому 80-90 % її доводиться на охолодження технологічного устаткування та фільтрації. Вимоги до якості води різні залежно від призначення. Для господарсько-питних потреб, а також для промивання під час фільтрування готового продукту по технологічним регламентам вимагається вода питної якості. Для інших технологічних потреб (подача води в оболонку апарата) можна використовувати технічну воду, але вона не повинна викликати корозію апаратури і трубопроводів, відкладення солей і біологічного обростання комунікацій і апаратів. При нагоді забезпечення підприємства технічною водою проектуються дві роздільні системи водопроводу: господарсько-питна і виробнича. З'єднання систем з різною якістю води не допускається. Протипожежний водопровід об'єднується з однією з систем.

На усіх підприємствах необхідно проектувати систему оборотного водопостачання для охолодження апаратури. Вода, циркулююча в оборотній системі, повинна піддаватися спеціальній обробці: підкисленню



сульфатною або хлоридною кислотою, фосфатуванню солями, хлоруванню, додаванню розчину мідного купоросу для запобігання відкладенню солей в апаратах і трубах і обростання мікроорганізмами.

На деяких виробничих ділянках якість води, використаної для охолодження середовищ в апаратах, не змінюється. Вона має підвищену температуру і може бути повторно використана для промивання апаратів і матеріалопроводів, для гарячого водопостачання і інших потреб. Для збору і використання цих чистих виробничих вод слід проектувати окрему систему трубопроводів і ємностей(баків) у виробничій будівлі.

В умовах виробництва не допускаються перерви в подачі води, оскільки навіть короточасне припинення охолодження апаратів, компресорів та ін. може привести до порушення технологічного процесу або до виходу з ладу устаткування. Тому системи внутрішніх водопроводів слід проектувати кільцевими із закільцьованим введенням або з двома тупиковими трубопроводами, від яких йдуть відгалуження до споживачів. Внутрішні кільцеві мережі корпусу мають бути приєднані до зовнішньої кільцевої мережі не менше, чим двома введеннями до різних її ділянок. При цьому між введеннями в корпус на зовнішній мережі повинні встановлюватися засувки для можливості забезпечення подачі води в корпус при аварії на одній з ділянок мережі. Два введення мають бути передбачені в будівлях, де встановлено більше 12 пожежних кранів, а також де є приміщення, обладнані спринклерними або дренчерними установками пожежегасінні.

У допоміжних і в окремих виробничих будівлях, в яких короточасне припинення подачі води не викликає порушення технологічного процесу, слід проектувати тупикову систему водопроводу.

На підприємствах хіміко-фармацевтичної промисловості необхідно проектувати внутрішню протипожежну систему водопроводів. У виробничих будівлях протипожежний водопровід проектують з урахуванням категорії виробництва, міри вогнестійкості, об'єму і висоти будівлі. Число струменів і витрата води на один струмінь на внутрішнє пожежегасіння у виробничих будівлях приймаються по табл. 5.7, в допоміжних будівлях і приміщеннях – по табл. 5.8.

Можливу кількість одночасних пожеж на майданчику підприємства приймають з розрахунку одна пожежа при площі підприємства до 150 га, дві пожежі – при площі більше 150 га. Тривалість гасіння пожежі приймають рівною 3 год.

Для гасіння зовнішніх пожеж на території підприємства встановлюють пожежні гідранти. Відстань між гідрантами визначають, виходячи з необхідного натиску і витрати води. Зазвичай вона не перевищує 150 м. Витрату води на зовнішнє пожежегасіння приймають по табл. 5.9 і 5.10.

Автоматичні установки для пожежегасіння проектуються по СНіП "Пожежна автоматика будівель і споруд".

Таблиця 5.7

Число струменів і витрата води на внутрішнє пожежегасіння  
у виробничих будівлях заввишки 50 м

Міра вогнестійко сті будівлі	Категорія виробництва по пожежній небезпеці	Об'єм будівлі, тис. м <sup>3</sup>				
		від 0,5 до 5	від 5 до 50	від 50 до 200	від 200 до 400	більше 400
I, II	A, B, B	2x2,5	2x5	2x5	3x5	4x5
III	B	2x2,5	2x5	-	-	-
III	Г, Д	-	2x5	-	-	-
IV, V	B	2x2,5	2x5	-	-	-
IV, V	Г, Д	-	2x2,5	-	-	-

Примітка. Перший множник означає число струменів, другий – мінімальну витрату води на один струмінь, л/с.

Таблиця 5.8

Число струменів і витрата води на внутрішнє пожежегасіння  
в допоміжних будівлях і приміщеннях

Найменування	Число струменів	Витрата води на один струмінь, л/с
Будівлі і споруди об'ємом до 25 000 м <sup>3</sup> , будівлі управління об'ємом до 25 000 м <sup>3</sup> , склади об'ємом до 5000 м <sup>3</sup> для зберігання горючих матеріалів (чи горючих матеріалів в тарі), конференц-зали на 200-700 місць	1	2,5
Будівлі об'ємом більше 25 000 м <sup>3</sup>	2	2,5
Будівлі заввишки до 50 м	2	2,5
Найменування	Число струменів	Витрата води на один струмінь, л/с
Гаражі, розраховані на 10 і більше автомобілів, склади об'ємом більше 5000 м <sup>3</sup> для зберігання горючих матеріалів (чи матеріалів в тарі).	2	2,5

Вода на підприємство може поступати по водоводах від власного водозабору з водоймища або з артезіанських свердловин, а також по водоводу, приєднаному до міської (вузловий) магістралі. Якщо водовод (магістраль), по якому вода поступає на майданчик підприємства, дозволяє забезпечувати пікове годинне водоспоживання води підприємством, то подача води в мережу підприємства здійснюється групою насосів

безпосередньо з водовода. Якщо ж водовод не може забезпечити водоспоживання, то слід встановлювати регулювальні (накопичувальні) місткості, достатні для регулювання нерівномірності водоспоживання, а також передбачати створення недоторканного протипожежного запасу води з розрахунку 3-годинної тривалості гасіння однієї пожежі внутрішніми пожежними кранами, годинної тривалості гасіння зовнішньої пожежі, 3-годинного максимального водоспоживання на виробничі і господарсько-питні потреби (без урахування витрати води на душові і миття підлог) і запасу води на час ліквідації аварії на трубопроводі системи водопостачання (до 12 год). Заповнення витраченого недоторканного запасу повинне відбуватися не більше ніж за 24 год.

Таблиця 5.9

Витрата води (л/с) на зовнішнє пожежегасіння для виробничих будівель з ліхтарями і без ліхтарів шириною до 60 м на 1 пожежу

Міра вогнестійкості і будівлі	Категорія виробництва по пожежній небезпеці	Об'єм будівлі, тис. м <sup>3</sup>						
		до 3	від 3 до 5	від 6 до 20	від 21 до 50	від 51 до 200	від 201 до 400	більше 400
I і II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
I і II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	-	-	-
III	В	10	15	20	30	-	-	-
IV і V	Г, Д	10	15	20	30	-	-	-
IV і V	В	15	20	25	40	-	-	-

Примітка: 1. Для пожежегасіння будівель, розділених на частини протипожежними стінами або що мають різні категорії по пожежній небезпеці, витрату води приймають по частині будівель, де вимагається найбільша витрата води.

2. При розрахунку окремих ділянок водопровідної мережі слід враховувати категорію виробництва, міру вогнестійкості і об'єми обслуговуваних будівель.

3. Розрахункова витрата води на зовнішнє пожежегасіння для допоміжних будівель промислових підприємств слід визначати по нормах, приведених в цій таблиці, відносячи їх до будівель з виробництвом категорії В.

4. Міру вогнестійкості будівель або споруд приймають відповідно до СНіП протипожежних норм проектування будівель і споруд; категорії виробництва по пожежній небезпеці - відповідно до СНіП по проектуванню виробничих будівель промислових підприємств.

Вільні напори у внутрішніх водопровідних системах встановлюють наступні: для технологічного устаткування – за даними технологічної частини проекту, у санітарних приладів – по встановлених нормах (табл. 5.11 і 5.12), у внутрішніх пожежних кранів будівель, характерних для хімічних підприємств, зазвичай достатній напір 20–25 м (з урахуванням втрат напору в пожежному рукаві завдовжки 20 м).

Таблиця 5.10

Витрата води (л/с) на зовнішнє пожежогасіння для виробничих будівель без ліхтарів шириною 60 м і більш на 1 пожежу

Міра вогнетійкості і будівлі	Категорія виробництва по пожежній небезпеці	Об'єм будівлі, тис м <sup>3</sup>								
		до 50	від 50 до 100	від 101 до 200	від 201 до 300	від 301 до 400	від 401 до 500	від 501 до 600	від 601 до 700	від 701 до 800
I і II	A, B і B	20	20	40	50	60	70	80	90	100
I і II	Г і Д	10	10	20	25	30	35	40	45	50

Таблиця 5.11

Норми витрати (л) води у виробничих будівлях

Вид цеху	У зміну на одну людину	Під час найбільшого водоспоживання	
		холодна	загальна
З тепловиділеннями більше 20 кКал на 1 м <sup>3</sup> /год	45	5,7	14,1
Інші	25	5	9,4

Витрату води на пожежогасіння приймають на одну пожежу. Витрату води на одноразове поливання території приймають з розрахунку 0,4-0,3 л на 1 м<sup>2</sup> доріг, тротуарів, майданчиків і 3-6 л на м<sup>2</sup> насаджень і газонів. Для поповнення втрати води на градирнях (випар, віднесення вітром) приймають 4-5 % від об'єму води, що знаходиться в обороті за одну добу.

Водоспоживання на хіміко-фармацевтичних підприємствах протягом доби нерівномірне. Годинний коефіцієнт нерівномірності складають орієнтовно для свіжої води 1,5-3, а для оборотної – 1,1.

У проекті водопостачання розраховують і вказують наступні показники витрати води по кожній водопровідній системі:

- добовий, м<sup>3</sup>/год;
- секундний (розрахунковий), л/с;
- секундний при внутрішньому пожежогасінні, л/с;
- секундний при зовнішньому пожежогасінні, л/с.

Розрахунок насосів ведуть по сумарному графіку водоспоживання. Насоси повинні забезпечувати необхідний натиск в самій віддаленій і найвищій водорозбірній точці (з урахуванням різниці відміток насосу і водорозбірної точки і втрат в мережах). Насосну станцію проектують з групи насосів, продуктивність яких вибирається з розрахунку забезпечення мінімальної годинної витрати при роботі одного насосу, а максимальної – 2-3 насосів одночасно. Крім того, мають бути 1-2 резервні насоси. При проектуванні окремої групи пожежних насосів передбачається один резервний насос. Управління включенням насосів автоматизується за показниками тиску в мережі або здійснюється дистанційно від кнопки з диспетчерського пункту або від рівня води в накопичувачах.

Оборотна нагріта вода зазвичай збирається самопливом в резервуар теплої води, насосами подається на градирню, з піддону градирні переливається в резервуар холодної води і насосами подається в напірну

Таблиця 5.12

Витрата води на господарсько-питні потреби

Санітарний прилад	Витрата води, л/с		Мінімальний вільний тиск перед приладом, мм вод ст. (кПа)	Годинна витрата води приладом, л/год	Коефіцієнт використання	Витрата стоків від приладу, л/с	Мінімальний діаметр умовного проходу трубопроводу, мм	
	загальної	холодної					що підводить	що відводить
Раковина з водозабірним краном $D_y = 15$ мм	0,2	0,2	3(30)	250	0,35	0,3	10	40
Те ж, з аератором	0,07	0,07	7(70)	100	0,4	0,3	10	40
Умивальник із змішувачем	0,1	0,07	2(20)	180	0,5	0,15	10	40
Те ж, з аератором	0,07	0,05	7(70)	125	0,5	0,15	10	32
Умивальник з туалетним краном	0,07	0,07	2(20)	125	0,5	0,15	10	40
Те ж, з аератором	0,07	0,07	7(70)	125	0,5	0,15	10	32

Продовження табл. 5.12

Санітарний прилад	Витрата води, л/с		Мінімальний вільний тиск перед приладом, мм вод ст. (кПа)	Годинна витрата води приладом, л/год	Коефіцієнт використання	Витрата стоків від приладу, л/с	Мінімальний діаметр умовного проходу трубопроводу, мм	
	загальної	холодної					для підводу	для відводу
Мийка з краном холодної і гарячої води $D_y > 20$ мм в громадських будівлях	0,8	0,4	3(30)	500	0,35	0,7	20	50
Душова кабіна з дрібним піддоном	0,2	0,14	4(40)	100	0,14	0,2	10	40
Душова кабіна з глибоким піддоном	0,2	0,14	4(40)	115	0,16	0,6	10	40
Душ в групових установках	0,2	0,14	4(40)	670	0,95	0,6	10	40
Трап $D_y = 50$ мм	-	-	-	-	-	0,5	-	50
$D_y = 100$ мм	-	-	-	-	-	1	-	100
Унітаз з бачком, що змиває	0,1	0,1	5(50)	83	0,23	1,6	8	85
Те ж, з краном, що змиває	1,4	1,4	8(80)	81	0,016	1,4	20	85
Пісуар	0,2	0,2	3(30)	36	0,05	0,1	10	40
Гігієнічний душ із змішувачем і аератором	0,07	0,05	7(70)	75	0,3	0,15	10	32
Те ж, без аератора	0,1	0,7	2(20)	103	0,3	0,15	10	32

Продовження табл. 5.12

Ванна ножна з змішувачем	0,1	0,7	3(30)	270	0,75	0,5	10	40
Питний фонтанчик	0,04	0,04	3(30)	72	0,5	0,05	10	32
Нижній висхідний душ	0,3	0,2	3(30)	650	0,6	0,3	15	40
Ребристий душ на 4 точки	0,4	0,28	3(30)	1000	0,7	0,5	20	50
Умивальник груповий на 5 чоловік	0,35	0,25	5(50)	500	0,4	0,35	15	40
на 6-8 чоловік	0,55	0,4	5(50)	800	0,4	0,55	20	50
на 9-10 чоловік	0,7	0,5	5(50)	1000	0,4	0,7	25	50
Лаборатор- не миття із змішувачем	0,2	0,14	3(30)	180	0,25	0,3	10	40
Те ж, з водорозбірн им краном	0,1	0,1	3(30)	180	0,5	0,2	10	40
Колонка з водорозбірн им краном	0,4	0,4	3(30)	1000	0,7	0,4	15	50
Поливальни й кран	0,4	0,4	10(100)	1400	0,97	0,4	15	-

мережу оборотної води. Продуктивність градирні і насосної станції оборотного водопостачання розраховують для найбільш жаркого періоду року.

Внутрішні мережі господарсько-питного водопроводу проектують при діаметрі до 150 мм із сталевих оцинкованих труб, а при більшому - із сталевих водопровідних неоцинкованих труб. Внутрішні мережі протипожежних і виробничих водопроводів проектують із сталевих неоцинкованих труб, а внутрішні водоводи при робочому тиску до 1,2 МПа - із залізобетонних напірних труб, при тиску до 0,6 МПа - з азбоцементних, при тиску до 1 МПа - з чавунних і при робочому тиску до 0,9 МПа і більш - із сталевих труб. Останнім часом широко застосовуються труби з полімерних матеріалів

Матеріал труб вибирають з урахуванням конкретних гідрологічних

умов і техніко-економічних показників. Глибину закладання труб слід приймати на 0,5 м більше розрахункової глибини промерзання ґрунтів, а за умовами захисту від ушкоджень для полімерних, чавунних і залізобетонних – не менше 1 м, для азбоцементних – не менше 1,3 м і для сталевих – не нормується.

Відстань між введеннями господарсько-питного водопроводу і випусками каналізації і водостоків має бути при діаметрі введення до 200 мм не менше 1,5 м, при діаметрі більше 200 мм – не менше 3 м. Не допускається прокладати водоводи нижче за відмітку фундаменту будівлі. При проході водоводів через фундаменти необхідно залишати проміжки на осідання будівлі. На введенні трубопроводів мають бути передбачені упори для сприйняття температурних деформацій в місцях поворотів трубопроводів. Прокладення внутрішніх водопроводів слід проектувати по стінах, колонах, фермах і під перекриттях. Раціонально прокладати вертикальні водопроводи разом з іншими комунікаціями в спеціальних шахтах і нішах. Слід уникати робити канали для прокладення водопроводів. Підводити водопровід до технологічного устаткування можна по підлозі або під нею.

Водопровідні системи мають бути оснащені відповідною запірною і регулюючою арматурою, клапанами, водомірними приладами. Для обліку витрати води необхідно встановлювати вимірювальні пристрої на введеннях в будівлі і в насосній станції підприємства, а також в системі оборотного водопостачання.

Пожежні крани встановлюють переважно у виходів, на майданчиках опалювальних сходових клітин, у вестибулях, коридорах, проходах і інших найбільш доступних місцях в шафках на висоті 1,35 м від підлоги. По периметру будівлі на відстані 60-70 м один від одного розташовують поливальні крани. Запірну арматуру встановлюють на кожному введенні: на розводячій кільцевій мережі так, щоб можна було відключати ділянки для ремонту; біля основи стояків; на відгалуженнях, що живлять більше 5 точок; на відгалуженні магістралей, перед апаратами і поливальними кранами. Трубопровідна водорозбірна і змішувальна арматура має бути розрахована на робочий тиск 0,6 МПа.

У проекті каналізації і водопроводу мають бути відображені питання корозійного захисту трубопроводів з урахуванням гідрологічних умов їх прокладення, у тому числі питання захисту від електрокорозії.

#### **5.4 Каналізація**

Керівними нормативними документами для проектування каналізації підприємства є СНіП "Внутрішній водопровід і каналізація будівель", СНіП "Каналізація. Зовнішні мережі і споруди" і санітарні норми СН-245-71. Розробка проекту каналізації будівель, споруд і підприємства в цілому ведеться спільно з проектом водопостачання. Вихідними даними для проектування каналізації служать:



- технічні умови на каналізацію підприємства, які видають місцева басейнова інспекція і органи санітарного нагляду при виборі майданчика під будівництво підприємства;

- дані з технологічної частини проекту про кількість і якісний склад технологічних стоків від кожного виробничого процесу;

- дані про кількість тих, що працюють на виробництві по цехах і ділянках (окремо чоловіків і жінок);

- регламенти на нейтралізацію, локальне і повне очищення стічних вод.

На підприємствах хіміко-фармацевтичної промисловості є наступні види стічних вод: побутові (від санітарних приладів – унітазів, раковин, умивальників, ванн, душів та ін.); виробничі (від технологічних апаратів, брудні конденсати, промивні води, від миття приміщень, від продування котлів і градирень і тому подібне); дощові і талі води.

**Побутові стічні води.** Вони складають незначну долю в загальній кількості стічних вод підприємства і не грають визначальної ролі у виборі методів очищення при змішенні з виробничими стічними водами. Можливість і доцільність об'єднання в одну систему каналізації побутових і виробничих стоків визначаються залежно від напрямку використання стічних вод після їх очищення, способу утилізації надлишкового активного мулу з очисних споруд. Використання надлишкового активного мулу як кормової біологічної добавки для худоби або добрива, а також спрямування стічних вод на поля зрошування має бути узгодженим з органами санітарного нагляду. Способи очищення виробничих стоків постійно удосконалюються, і можливість в перспективі збільшувати повернення очищених стоків у виробництво робить доцільним розподіл каналізації побутових і виробничих стічних вод з пристроєм самостійних очисних споруд, хоча це дещо ускладнює систему каналізації підприємства. У випадках, коли стічні води підприємства прямують на очисні споруди міста (промвузла), питання про якісний склад вод узгоджується з відповідними службами міста (промвузла). В усіх випадках в систему каналізації не повинні надходити виробничі стоки, що містять живу виробничу мікрофлору. Такі стоки необхідно піддавати попередній тепловій обробці у виробничих будівлях і направляти в каналізацію після охолодження до температури не вище 40 °С.

У каналізаційній системі їдалень необхідно передбачати пристрої для попереднього очищення – жируловлювачі, в каналізаційній системі гаража – грязевідстійники і бензоуловлювачі. На ділянках, де у виробничих водах знаходяться кислоти, луги або інші хімічно агресивні речовини, має бути передбачена їх нейтралізація.

**Виробничі стічні води.** Склад і концентрація забруднень у виробничих стоках на підприємствах хіміко-фармацевтичної промисловості дуже різноманітні і залежать від видів і форм продукції, що випускається, вживаної сировини. Основними компонентами забруднень є органічні речовини – продукти хімічних реакцій, спирти та інші сполуки.

Окрім органічних сполук, у виробничих стічних водах знаходяться мінеральні солі, кислоти, луги.

Якісний склад виробничих стоків прийнято характеризувати наступними універсальними показниками:

- концентрація водневих іонів рН;
- здатність до хімічного окиснення (хімічне поглинання кисню) – ХПК, мг/л;
- здатність до біологічного окислення (біологічне поглинання кисню) за 5 або 20 діб – БПК, мг/л;
- кількість суспензій, нерозчинених речовин, мг/л;
- вміст сухого залишку після висушування, мг/л;
- вміст прожареного сухого залишку після спалювання в тиглі, мг/л;
- поріг розбавлення до зникнення забарвлення – кратність;
- прозорість, град.;
- температура, °С.

Величина рН виробничих стоків хіміко-фармацевтичних виробництв коливається від 4 до 9. Перед скиданням в каналізаційну систему стоки мають бути нейтралізовані до рН 6,5-8,5; концентрація розчинених солей в них не повинна перевищувати 10 г/л.

Показники ХПК і БПК концентрованих стічних вод коливаються в дуже широких межах – від 1500 до 15000 мг/л. Звичайні споруди біологічного очищення стічних вод здатні асимілювати забруднення стічних вод з БПК до 500 мг/л, тому стоки необхідно відповідно розбавляти до цієї величини. Необхідно також мати на увазі, що стічні води, у яких містяться сіркопохідні речовини, пригноблюють мікрофлору біологічних очисних споруд.

Власні очисні споруди підприємств хіміко-фармацевтичної промисловості, як правило, розташовують на території підприємства як одну з технологічних ділянок. Враховуючи непостійність кількісного і якісного складу виробничих стоків, необхідно передбачати подачу стічних вод на очисні споруди через проміжну ємність – усереднювач, з якого стоки з постійним складом рівномірно надходять на очисні споруди. На заводах, що випускають декілька видів продукції, склад стічних вод може змінюватися при зміні співвідношення об'ємів продукції, що випускаються на підприємстві, при введенні потужностей по чергах.

Очищення виробничих стічних вод є складною проблемою. У хіміко-фармацевтичній промисловості доки не знайдено задовільного з усіх відношень рішення по істотному зменшенню об'ємів забруднень і використанню виробничих стічних вод, а також істотному зниженню витрат капітальних вкладень (і витрат енергоресурсів) на очисні споруди. У кожному конкретному випадку необхідно зіставляти різні варіанти технічних рішень каналізації підприємства і їх техніко-економічні показники залежно від об'ємів виробничих стоків, складу і кількості забруднень, умов скидання стічних вод на очисні споруди міста (промвузла), вимог санітарних органів і басейнових інспекцій до якості

очищеної води, що скидається у водні басейни після очисних споруд.

Найбільш прогресивним рішенням є утилізація органічної частини забруднень виробничих стічних вод для отримання додаткової продукції. При відносно невеликих об'ємах концентрованих виробничих стоків можна або утилізувати їх шляхом випарювання і висушування з наступним їх використанням для усереднювання продукції як добриво, або знищувати шляхом спалювання. Ці заходи різко знижують концентрацію забруднень виробничих стічних вод, витрати чистої води на розбавлення перед подачею на очисні споруди, у декілька разів знижують енерговитрати на аерацію стічних вод, полегшують роботу очисних споруд і покращують ступінь очищення (у тому числі кольоровість) стоків.

**Злизові і талі води.** Внутрішні водостоки зливових і талих вод з покрівлі будівель проектують для багатопверхових будівель, а також для одноповерхових заввишки 6 м і більш, таких, що мають значні площі поверхні крівель. Злизові і талі води відводять в злизову каналізацію або випускають в зовнішні відкриті лотки біля будівель. У другому випадку стояки допускається на зимовий період під'єднувати до побутової каналізації, встановлюючи гідравлічні затвори. Кількість і розміщення лійок на покрівлі визначають за кліматологічними умовами району, де будуватиметься підприємство. Діаметри лійок і стояків приймають 100 мм, максимальна відстань між лійками – не більше 48 м. Для злизової каналізації слід застосовувати пластмасові, азбоцементні і чавунні трубопроводи. За наявності вібрації допускається застосування сталевих труб для горизонтальних ділянок.

**Проектування систем каналізації.** Внутрішні системи каналізації стічних вод слід проектувати роздільними або поєднаними з урахуванням вибраної схеми обробки (чи використання) і очищення стічних вод. Каналізацію господарчо-побутових стоків об'єднують з каналізацією тієї частини виробничих стічних вод, яка прямує на біологічні очисні споруди без попередньої обробки. Умовно чисті виробничі стічні води (після охолодження машин і агрегатів), які із-за характеру забруднень не можна використовувати повторно для виробничих потреб, йдуть на розбавлення виробничих стоків, що направляються в каналізацію. Каналізацію зливових і талих вод з покрівлі будівель проектують окремою.

Труби, фасонні частини, санітарні прилади, монтажні вузли і матеріали для систем каналізації вибирають з дотриманням вимог СНіПів, ДСТУ, ГОСТів, нормалей і технічних умов. Для внутрішніх систем каналізації слід широко використовувати труби з пластмас. Усі приймачі стічних вод повинні оснащуватися гідравлічними затворами. Типи і кількість спеціальних приймачів стічних вод від ділянок виробництва вибирають за технологічною частиною проекту.

Ухили до трапів повинні складати не менше 0,01-0,02. Убиральні в промислових будівлях при числі унітазів більше 3 слід проектувати з підлоговими унітазами. На ділянках виробництва, де застосовують кислоту, луги і інші сильнодіючі отруйні речовини, мають бути

передбачені раковини, ванни, аварійні душі або інші пристрої для самопомоги.

Відведення стічних вод проектують по закритих самопливних трубопроводах. Прокладення внутрішніх каналізаційних мереж у виробничих будівлях слід передбачати відкритим способом, з кріпленням трубопроводів до будівельних конструкцій, в комунікаційних шахтах спільно з іншими мережами, в підлозі і в землі під підлогою. Не допускається прокладення каналізації під стелею, в стінах і в підлозі робочих кімнат адміністративних будівель, столових, трансформаторних, електрощитових і пультових, припливних вентиляційних камер, лабораторних і інших приміщень, де аварія каналізаційного трубопроводу може викликати псування продуктів, устаткування, порушення санітарного або виробничого режиму.

Для вентиляції каналізаційні стояки виводять через покрівлю або в спеціальну збірну вентиляційну шахту на висоту 0,5 м при неексплуатованій покрівлі і 3 м– при експлуатованій. На внутрішній розводці каналізації мають бути передбачені пристрої для ревізії, прочищення і видалення сміття на горизонтальних і вертикальних ділянках труб. Відстань між ревізіями і прочищеннями для труб діаметром 50 мм приймається 6-15 м, для труб діаметром 100-150 мм– 8-20 м і для труб діаметром 200 мм і більш –25 м. На виробничих внутрішніх каналізаційних мережах, що прокладаються в землі або в підлозі, при діаметрі трубопроводу 100 мм і більш слід передбачати оглядові колодязі на поворотах трубопроводів і на довгих прямолінійних ділянках. Випуски каналізації сполучають з майданчиковими мережами через приймальні колодязі, що розташовуються уздовж зовнішньої стіни будівлі на відстані не більше 35 м один від одного.

Розрахунок каналізаційної мережі ведуть для кожної каналізаційної системи по сумарній добовій, максимальній вартовій і розрахунковій секундній витраті стічних вод. У внутрішньозаводській системі каналізації лише у виняткових випадках вимагається створення напірних ділянок. Гідравлічний розрахунок і визначення діаметрів трубопроводів слід виробляти за номограмами. Для трубопроводів діаметром до 150 мм включно швидкість руху рідини ( $v$ ) слід приймати не менше 0,7 м/с, наповнення трубопроводу ( $h/d$ ) – не менше 0,3. Діаметри випусків каналізації повинні відповідати вимозі

$$v = h/d \geq 0,6$$

Найбільший ухил трубопроводу не повинен перевищувати 0,15, за винятком відгалужень від приладів, довжина яких складає до 1,5 м. Діаметри каналізаційних стояків слід приймати по таблиці 5.13.

При проектуванні внутрішньо майданчикових мереж і споруджень каналізації слід передбачати можливість майбутнього планованого розширення цехів і ділянок, щоб потім мережі не прокладати, а також

можливість введення виробничих потужностей по чергах і окремих пускових комплексах. При цьому в усіх випадках мають бути забезпечені вимоги до якості очищення стоків.

Таблиця 5.13

Пропускна спроможність (л/с) невентильованих каналізаційних стояків

Робоча висота стояка, м	Діаметр стояка, мм		
	50	100	150
1	1,6	6,3	14
2	1,0	3,7	8
3	0,64	2,4	5,4
4	0,5	1,76	3,9
5	0,4	1,36	2,96
6	0,4	1,0	1,4
7	0,4	0,9	1,96
8	0,4	0,72	1,63
9	0,4	0,64	1,4
10	0,4	0,64	1,2
11	0,4	0,64	1,0
12	0,4	0,64	0,96
13	0,4	0,64	0,9

Примітка:

Робочою висотою каналізаційного стояка слід рахувати відстань по вертикалі від точки приєднання до стояка найбільш високо розташованих в будівлі (споруді) санітарно-технічних приладів до точки переходу стояка в горизонтальний випуск

Гідравлічний розрахунок труб каналізації здійснюють за методикою, викладеною в СНіП. Найменший діаметр труб для внутрішньо майданчикових мереж каналізації приймають 150 мм. Розрахункове наповнення трубопроводів належить приймати при діаметрі труб 150–300 мм – не більше 0,6; при 350–450 мм – не більше 0,7 і при 500–900 мм – не більше 0,75 діаметру труби. Повне наповнення труб діаметром до 500 мм допускається при короткочасних скиданнях. Мінімальні швидкості руху стічних вод при максимальному розрахунковому наповненні слід приймати в трубах діаметром 150–250 мм – 0,7 м/с; 300–400 мм – 0,8 м/с 450–500 мм – 0,9 м/с і 600–800 мм – 1 м/с. Найбільша швидкість руху стічних вод для металевих труб 8 м/с, для неметалевих – 4 м/с; для дощової каналізації – відповідно до 10 і 7 м/с. Ухили трубопроводів для усіх систем каналізації приймають для труб діаметром 150 мм – 0,008, діаметром 200 мм – 0,005.

При паралельному прокладенні декількох трубопроводів мають бути забезпечені умови незалежного виробництва робіт, а також взаємозахисту при аваріях. Мінімальну відстань між поверхнями труб приймають при

діаметрі труб до 300 мм–0,7 м, при діаметрі від 400 до 1000 мм–1,0 м.

Повороти на колекторах передбачаються в колодязях.

З'єднання трубопроводів різних діаметрів виробляють по шелигам труб. Глибину прокладання труб каналізації приймають на 0,3-0,5 м вище за відмітку промерзання ґрунту, але не менше 0,7 м від планувальної відмітки. Для каналізаційних мереж використовують безнапірні полімерні, залізобетонні, бетонні, керамічні, азбоцементні труби. Для напірних ділянок каналізації застосовують полімерні, напірні залізобетонні і азбоцементні труби; у особливо складних ґрунтових умовах для самопливних ділянок мережі – чавунні труби і для напірних ділянок – сталеві.

Оглядові колодязі або камери на каналізаційних мережах усіх видів передбачають при діаметрі трубопроводів 150 мм на відстані 35 м, при діаметрі від 200 до 450 мм–50 м і при діаметрі від 500 до 600 мм– на відстані 75 м. Конструкції колодязів : уніфіковані, збірні, залізобетонні. Дощоприймачі слід розташовувати на відстані 50–60 м.

Насосні станції для перекачування побутових стічних вод проектують такими, що окремо стоять. Вибір місця розташування каналізаційної насосної станції залежить від умов рельєфу, а також можливості аварійного випуску стоків (за узгодженням з санітарно-епідеміологічною службою, водною і рибною інспекціями).

Місткість приймального резервуару насосної станції визначають по кількості стоків, продуктивності насосів, і вона має бути розрахована на роботу 1 насоса протягом не менше 5 хв.

Насосні станції для перекачування виробничих стічних вод проектують такими, що окремо стоять або в блоці з виробничими будівлями. Приймальний резервуар слід передбачати з окремими секціями для стічних вод, що мають різний склад. Місткість приймальних резервуарів має бути не вище 10 % об'єму середньо-годинного припливу. На насосних станціях для перекачування виробничих стічних вод мають бути резервні насоси: при одному працюючому насосі – 1, при двох і більше працюючих насосах –2 резервних.

Очисні споруди зливових вод складаються зазвичай з фільтру, біологічного ставка і ставка-відстійника. У цьому навчальному посібнику питання проектування очисних споруд виробничих стоків не розглядаються.

## **5.5 Захист від блискавки будівель і споруд**

За вимогами захисту від блискавки усі будівлі і споруди розділяють на три категорії:

I – виробничі будівлі і споруди з вибухонебезпечними приміщеннями класів В- 1 і В- 2 (по ПУЕ), а також будівлі підстанцій;

II – інші будівлі і споруди з вибухонебезпечними приміщеннями, що не відносяться до I категорії;

III – усі інші будівлі і споруди, у тому числі пожежонебезпечні.

Для захисту від блискавки будівель і споруджень I категорії встановлюють стержневі і тросові громовідводи, що окремо стоять, заземляють металеві корпуси устаткування через заземлювачі з опором розтіканню струму не більше 10 Ом, а також роблять металеві перемички, які дозволяють об'єднати в єдину систему і зменшити розміри контурів, утворених системою трубопроводів, каркасами будівель і споруд.

Для захисту від блискавки будівель і споруджень II категорії встановлюють неізольовані стержневі або тросові громовідводи, що окремо стоять або розташовані на дахах будівель, заземляють корпуси будівель металевою сіткою з осередками розміром бхб м, яку накладають на покрівлю, заземляють металеві корпуси устаткування і роблять металеві перемички між системами трубопроводів і каркасами будівлі і споруди.

Захист від блискавки будівель і споруджень III категорії здійснюють так само, як і для II категорії, але встановлюють на покрівлі сітку з розміром осередків 12х12 або бх24 м, величина опору заземлювача повинна складати не менше 20 Ом. Для захисту від блискавки будівель підстанцій встановлюють тросові або стержневі громовідводи, сполучені із заземленням підстанції. Заводські труби захищають громовідводом із сталевих стержнів діаметром 25 мм, сполученим із сталевим заземленим спуском. При висоті труби більше 40 м має бути два спуски. Для захисту від блискавки відкритих вибухонебезпечних установок на них встановлюють стержневі громовідводи, що окремо стоять.

## **5.6 Освітлення**

Освітлення виробничих і допоміжних приміщень проектується з дотриманням СНіП "Природне і штучне освітлення" і санітарних норм.

У приміщеннях з постійним перебуванням людей має бути природне освітлення. Без природного освітлення допускається проектувати приміщення для конференц-залів, залів засідань, умивальників, туалетів, курільних, душових, вбиральних, приміщень для сушки і знепилювання одягу і обігріву працюючих, приймальних здоровпунктів, кімнат для особистої гігієни жінок, коридори, проходи і переходи, а також виробничі приміщення без постійних робочих місць. Будівельними нормами і правилами забороняється в опалювальних будівлях проектувати площу світлових отворів більшу, ніж вимагається по нормах природної освітленості приміщень.

Робота основного виробничого персоналу на підприємствах відноситься в основному до V (мала точність), VI (дуже мала точність) і VII а (загальне постійне спостереження за ходом виробничого процесу) розрядів зорової роботи. Насиченість виробничих приміщень устаткуванням, комунікаціями, а також велика глибина виробничих приміщень у ряді випадків не дозволяють раціональними засобами забезпечити нормативну природну освітленість усіх ділянок приміщень. У

цих випадках у виробничих приміщеннях проектується поєднане освітлення (таблиця 5.14).

Мінімальну нормовану величину коефіцієнта природного освітлення (КЕО) визначають при двосторонньому бічному освітленні для точки в середині приміщення і при односторонньому бічному освітленні – для точки, віддаленої на 1 м від найбільш віддаленої від світлового отвору стіни.

Таблиця 5.14

Норми освітленості і показники якості освітленості

Назва цеху, ділянки	Розряд і підрозряд по СНіП	Освітленість, люкс (лк)						Додаткові вказівки
		Газорозрядні лампи			Лампи розжарювання			
		Одне загальне освітлення	Комбіноване освітлення		Одне загальне освітлення	Комбіноване освітлення		
			всього	від загального		всього	від загального	
<b>Хімічне виробництво</b>								
1. У реакційному приміщенні	IVГ	150						Допоміжне місцеве освітлення
3. У приладового щита цеху	IVГ	-	300	150	-	-	-	
4. У апаратів	IVГ	150						
5. У пробників	VБ	150	-	-	-	-	-	
6. В проході	VIIIа	75	-	-	-	-	-	
7 Фільтрація:								
- у фільтрів	VI	150	-	-	-		-	
- у центрифуг	VБ	-	-	-	-	100	-	



Продовження табл. 5.14

Назва цеху, ділянки	Розряд і підрозряд по СНіП	Освітленість, люкс (лк)						Додаткові вказівки
		Газорозрядні лампи			Лампи розжарювання			
		Одне загальне освітлення	Комбіноване освітлення		Одне загальне освітлення	Комбіноване освітлення		
			всього	від загального		всього	від загального	
12 Сушка	IVB	-	400	150	-	400	100	
13 Кристалізація	IVB	-	400	150	-	400	100	
8. Уфасувальних автоматів	IIIb	300						
9. Перегляд готової продукції	IIb	-	300	300	-	-	-	
10. Маркування етикеток	IVb	200	-		-	-	-	
11 Упаковка	VI	150	-	-	-	-	-	
Допоміжні приміщення								
1. Хімічна лабораторія		300*	-	-	-	-	-	
2. Аналітична лабораторія		400*	-	-	-	-	-	
3. Препаратна		300	-	-	-	-	-	
4. Вагова		300	-	-	-	-	-	
5. Мийна		300	-	-	-	-	-	
6. Дистиляційна		200	-	-	-	-	-	
7. Архів проб		100	-	-	-	-	-	
8. Цеховий склад	VIIIa	75	-	-	-	-	-	

Примітка: \*Місцеве освітлення передбачається на титрувальних столах і витяжних шафах і входить в комплект устаткування.

Площу світлових отворів при бічному освітленні приміщення розраховують за формулою

$$100 \frac{S_o}{S_n} = \frac{\epsilon_n K_3 \eta_o}{\tau_o r_1} K_{\text{буд}},$$

де  $S_o$ – площа світлових отворів (у світлу);

$S_n$ – площа підлоги приміщення;

$K_3$ – коефіцієнт запасу, залежно від забруднення скління приймають від 1,3 до 1,5;

$\eta_o$ – світлова характеристика вікон, визначають з таблиці 5.15;

$\tau_o$ – коефіцієнт світлопроникності, орієнтовно рівний 0,6;

$r_1$ – коефіцієнт підвищення КЕО за рахунок віддзеркалення світла від поверхонь приміщення, визначають по таблиці. 5.16;

$K_{\text{буд}}$ – коефіцієнт, що враховує затінювання вікон супротивними будівлями. При відстані між будівлями, рівній висоті супротивної будівлі,  $K_{\text{буд}} = 1,4$ ; при відстані, рівній триразовій висоті супротивної будівлі,  $K_{\text{буд}} = 1,0$  ;

$\epsilon_n$ – нормоване значення КЕО.

Таблиця 5.15

Значення світлової характеристики вікон  $\eta_o$  при бічному освітленні

Відношення довжини приміщення ( $l_n$ ); до його глибини (В)	Відношення глибини приміщення (В) до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна ( $n_1$ )							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 і більше	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	-

У приміщеннях служб управління, конструкторських організацій, лабораторій, їдалень, пралень та ін. слід проектувати природне освітлення.

Штучне освітлення підрозділяють на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне і чергове. Воно буває двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване) і комбіноване (до загального освітлення додається місцеве). Робоче освітлення проектують для усіх приміщень будівель, а також відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей і руху транспорту.

Орієнтовний розрахунок потужності джерела світла для загального рівномірного освітлення визначається за питомою потужністю (потужності

Таблиця 5.16

Значення коефіцієнта  $\eta$ 

Відношення глибини приміщення (В) до висоти від рівня робочої поверхні до (К) верху вікна	Бічне освітлення						Бічне двостороннє освітлення								
	Середньозважений коефіцієнт відзеркалення світла від стелі, стін і підлоги														
	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3			
Відношення (В) розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення (В)	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше
	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Від 1 до 1,5	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,6	1,4	1,25	1,45	1,3	1,15
	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,35	1,25	1,15	1,1	1,1	1,1
Більше 1,5 до 2,5	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2	2,1	1,75	1,5	1,75	1,45	1,2
	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5	2,35	2	1,6	1,9	1,6	1,5
Більше 2,5 до 3,5	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1
	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,005	1,05	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05
	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1
0,1	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,35	1,2	1,2	1,2	1,15	1,1
	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1	1,5	1,4	1,25	1,3	1,2	1,15
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1

Продовження табл. 5.16

Відношення глибини приміщення (В) до висоти від рівня робочої поверхні до (К) верху вікна	Відношення відстані (1) розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення(В)					Бічне освітлення					Бічне двостороннє освітлення							
						Середньозважений коефіцієнт відзеркалення світла від стелі, стін і підлоги												
	0,5	1	2 і біль	0,5	1	2 і біль	0,5	1	2 і біль	0,5	1	2 і біль	0,5	1	2 і біль			
Більше 2,5 до 3,5	0,5	1	2 і біль	0,5	1	2 і біль	0,5	1	2 і біль	0,5	1	2 і біль	0,5	1	2 і біль			
	2	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,4	1,3	1,2	1,8	1,6	1,35	1,5	1,35	1,2	1,35	1,25	1,15
	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3	2,25	1,9	1,45	1,7	1,5	1,25	1,5	1,4	1,2
	3,6	3,1	2,4	2,4	2,2	1,55	1,9	1,7	1,4	2,8	2,4	1,9	1,9	1,6	1,3	1,65	1,5	1,25
	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5	3,65	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3
	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	2	1,7	1,4
Більше 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,05	1,05	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,25	1,2	1,1	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,75	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3	1,35	1,25	1,15
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	3,5	1,8	2,4	1,9	1,7	1,45	1,65	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7	1,95	1,7	1,4
	0,7	7,4	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	5,1	4	3,2	2,55	2,3	1,85	2,1	1,8	1,5
	0,8	10	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	5,8	4,5	3,6	2,8	2,4	1,95	2,25	2	1,6
	0,9		7,1	5,6	4,3	3,6	3,5	3,5	2,6	6,2	4,9	3,9	3,4	2,8	2,3	2,45	2,1	1,7
	1		7,3	5,7		4,1			2,5	6,3	5	4	3,5	2,9	2,4	2,6	2,25	1,9

Таблиця 5.17

Рекомендовані питомі потужності для загального рівномірного освітлення пило захищеними люмінесцентними чотирьохламповими світильниками типу ВЛВ з відбивачами і розсіювачами

Площа приміщення, м <sup>2</sup>	Типи ламп світильників при освітленні 100 лк			
	ЛБ-40, 65	ЛД-40; ЛХБ-40, 65; ЛТБ-40, 65; ЛБ-80	ЛДЦ-40; ЛД-65; ЛХБ-80; ЛТБ-80	ЛДЦ-65, 80; ЛД-80
10-17	17,3/23,0	19,7/27,0	22,0/31,0	26,0/35,0
17-25	15,4/20,0	17,6/24,0	19,7/27,0	23,0/31,0
25-35	13,5/16,9	15,1/19,8	17,4/23,0	19,8/26,0
35-50	11,4/13,7	13,0/16,5	15,0/18,3	16,7/21,0
50-80	9,6/11,8	11,1/13,6	12,7/15,4	14,5/17,7
80-150	8,2/9,4	9,6/10,9	10,9/12,3	12,6/14,3
150-400	6,8/7,6	8,0/8,8	9,1/10,0	10,4/11,4
Більше 400	5,4/5,8	6,3/6,6	7,0/7,8	8,1/7,6

Примітки: 1. Висота розташування світильників над робочою поверхнею  $H = 4-6$  м, коефіцієнт запасу до  $k = 1,5$ , відношення середньої освітленості до мінімальної  $z = 1,1$ .

2. Перед косою рискою вказані питомі потужності для коефіцієнтів віддзеркалення від стелі  $\rho_n = 70$  %, стін  $\rho_c = 50$  %, робочої поверхні  $\rho_p = 10$  %, після косої риси – 50, 30, 10 % відповідно.

3. При освітленості (Е), не рівній 100 лк, приведені дані слід помножити на коефіцієнт 0,01.

4. При коефіцієнті запасу (k), що відрізняється від 1,5, допускається користуватися пропорційним перерахунком значень питомої потужності.

у Вт, віднесена до 1 м<sup>2</sup> площі поверхні підлоги, при заданій освітленості у Люксах)

$$P_{л} = \frac{PS}{n},$$

де  $P$  – питома потужність, Вт/м<sup>2</sup> (табл. 5.17, 5.18);

$S$  – площа виробничого приміщення, м<sup>2</sup>;

$n$  – число світильників в цьому приміщенні.

Для освітлення приміщень слід застосовувати газорозрядні лампи низького і високого тиску. При недоцільності або неможливості застосування газорозрядних джерел світла допускається застосовувати лампи розжарювання. Для пожежо- і вибухонебезпечних приміщень слід застосовувати джерела світла за даними табл. 5.19.

При комбінованій системі освітлення доля світла від світильників загального освітлення повинна складати 10 % від нормативного для місцевого освітлення; для газорозрядних ламп: найбільша – 500 лк, найменша, – 150 лк, а для ламп розжарювання – 100 і 50 лк відповідно.

Таблиця 5.18

Рекомендовані питомі потужності для загального рівномірного освітлення світильниками підвищеної надійності проти вибуху типу Н4Б-300М з відбивачами, захисними стеклами і металевими сітками

Площа приміщення, м <sup>2</sup>	Освітленість, лк						
	5	10	20	30	50	75	100
10-17	3,5	6,3	10,7	15,0	25,0	37,5	50,0
17-25	2,8	5,1	9,2	12,7	21,5	32,2	43,0
25-35	2,4	4,4	8,0	11,3	19,0	28,5	38,0
35-50	2,2	3,9	7,3	10,5	17,1	25,6	34,2
50-80	1,9	3,4	6,4	9,2	15,2	22,7	30,3
80-150	1,6	2,9	5,4	7,8	12,8	19,3	25,7
150-400	1,4	2,5	4,8	6,7	10,9	16,4	21,8
Більше 400	1,2	2,1	4,1	5,8	9,2	13,9	18,5

Примітки: 1. Висота розташування світильників над робочою поверхнею  $H = 4-6$  м, коефіцієнт запасу до  $k = 1,3$ , відношення середньої освітленості до мінімальної  $z = 1,15$ .

2. Питома потужність для коефіцієнтів віддзеркалення від стелі  $\rho_t = 50$  %, стін  $\rho_c = 30$  %, робочій поверхні  $\rho_p = 10$  %.

3. При коефіцієнті запасу ( $k$ ), що відрізняється від 1,5, допускається користуватися пропорційним перерахунком значень питомої потужності.

Таблиця 5.19

Рекомендовані джерела світла для пожежо- і вибухонебезпечних приміщень

Вид приміщення і клас безпеки	Тип лампи		
	Розжарювання	ДРЛ, ДРИ і натрієві <sup>1</sup>	Люмінесцентні
Пожежонебезпечні			
Виробничі і складські П-I; П-II	IP5X	IP5X	IP5X; 5X
П-IIa, а також П-II із загальнообмінною вентиляцією і місцевим нижнім відсмоктуванням відходів	2'X <sup>a</sup>	IP2X <sup>b</sup>	IP2X <sup>b</sup>

Вид приміщення і клас небезпеки	Тип лампи		
	Розжарюванн я	ДРЛ, ДРИ і натрієві <sup>1</sup>	Люмінесце нтні
Складські П-Ia з матеріалами цінними, пальними або в горючій упаковці	2'X <sup>a</sup>	IP2X <sup>б</sup>	IP2X <sup>в,г</sup>
Зовнішні установки класу П-III	2'3 <sup>a</sup>	IP 23 <sup>б</sup>	IP 23 <sup>в</sup>
Вибухонебезпечні			
	Виконання світильників <sup>2</sup> по ПИВРяЭ ГОСТ 13828-74 і ГОСТ 14254-69		
В-I	Вибухонепроникне виконання для відповідних груп і категорій вибухонебезпечних сумішей		
В-Ia; В-II	Будь-яке вибухозахищене виконання категорій вибухонебезпечних сумішей		
В-Iб; В-IIa	IP5X		
Зовнішні установки В-1г	Будь-яке вибухозахищене для відповідних груп і категорій вибухонебезпечних сумішей		

Примітки: <sup>1</sup>Ступінь захисту від води у випадках, коли вона позначена буквою X, визначається умовами середовища.

<sup>2</sup>Окремо встановлювані ПРА повинні мати для усіх пожежонебезпечних приміщень і установок ступінь захисту не нижче IP44 по ГОСТ 14254-69.

Позначення: а – за наявності суцільного ковпака з силікатного скла; б – за наявності металевої сітки або іншого пристосування, що перешкоджає випаданню ламп; в – при виконанні введення у світильник провідниками з негорючою оболонкою або в сталевій трубі; г – застосування світильників з відбивачами або розсіювачами з горючих матеріалів забороняється.

Освітленість майданчика підприємства на рівні землі або дорожніх покриттів слід приймати наступну: в проїздах – 1 лк, на пішохідних доріжках – 1-2, на передзаводських майданчиках – 2, на сходах, містках – 3 лк.

Зовнішнє освітлення повинне мати управління, незалежне від освітлення усередині будівель.

Аварійне освітлення проектується у вузлах зв'язку, диспетчерських, в приміщеннях насосних установок, установок вентиляції і кондиціонування повітря, в приміщеннях основного виробництва. Найменша освітленість приміщень при аварійному освітленні повинна складати 5 % від освітленості при робочому режимі освітлення, але не менше 2 лк в приміщеннях і 1 лк – на території підприємства.

Евакуаційне освітлення слід проектувати в місцях, небезпечних для

проходу людей:

- в проходах і на сходових клітинах, що служать для евакуації людей, при кількості евакуйованих більше 50;

- по основних проходах виробничих приміщень при кількості тих, що працюють в них більше 50;

- в усіх виробничих приміщеннях, де постійно працюють люди.

У приміщеннях допоміжних будівель евакуаційне освітлення проектується при кількості тих, що працюють в них більше 100. Евакуаційне освітлення повинне забезпечувати освітленість на підлозі 0,5 лк, а на відкритих територіях – 0,2 лк. Для евакуаційного освітлення можна використовувати світильники аварійного освітлення. Для аварійного і евакуаційного освітлення допускається застосовувати тільки лампи розжарювання і люмінесцентні лампи. У допоміжних приміщеннях, де можливе одночасне знаходження більше 100 чоловік, а також виходи з виробничих приміщень повинні мати світлові покажчики, приєднані до мережі аварійного освітлення.

Охоронне освітлення проектують уздовж меж території підприємства з інтенсивністю на рівні землі 0,5 лк.

Встановлену потужність освітлювальних приладів виробничих, допоміжних будівель і споруд, а також приладів освітлення відкритих майданчиків і території підприємства визначають як суму потужностей світильників і стаціонарних трансформаторів з напругою 12 і 36 В.

Розрахункову потужність освітлення визначають, помножуючи встановлену потужність на коефіцієнт попиту, орієнтовно рівний 0,8-0,9.

Допустимі струмові навантаження дротів і кабелів можна знайти в ПУЕ або інших довідниках по електротехніці. Розрахунковий рівень напруги для найбільш видалених освітлювальних приладів має бути не менше 97,5 % номінального.

У освітлювальних установках, виходячи з вимог безпеки, застосовують джерела живлення електроосвітлювальної мережі, напругою, що має:

- 220В – для усіх видів електроосвітлення, з будь-якими джерелами світла і при будь-якій висоті їх установки в приміщеннях без підвищеної небезпеки;

- 220В – для світильників загального освітлення, що встановлюються на висоті не менше 2,5 м від підлоги, для приміщень підвищеної небезпеки;

- 36В – для світильників з лампами розжарювання в приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечними;

- 12В – для ручних світильників в несприятливих умовах роботи (тіснота, незручне положення робітника, зіткнення з великими незаземленими поверхнями і тому подібне).

Живлення робочого освітлення може здійснюватися від окремих ліній, що йдуть від щитів підстанції; аварійного освітлення – від джерела електроенергії незалежного від робочого освітлення.



Мережі електроосвітлення мають бути захищені від короткого замикання і перевантаження пристроями захисту або запобіжниками. Апарати управління електроосвітленням слід встановлювати в місцях приєднання лінії до джерела живлення, на введеннях в будівлі і приміщення, на щитах або інших зручних для цього місцях. Живлячі мережі електроосвітлення виконують радіальними або магістральними. Групова мережа електроосвітлення повинна містити не більше 20 ламп на фазу, включаючи штепсельні розетки.

## РОЗДІЛ 6

### ХАРАКТЕРИСТИКА ТОКСИЧНОСТІ, ВОГНЕ- І ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ ВИРОБНИЦТВ

Матеріал цього розділу призначений для визначення ступеня токсичності, вогне- і вибухонебезпеки даного виробництва і застосовується на усіх етапах проектного дослідження. Токсичні, огне- і вибухонебезпечні виробництва складні в експлуатації, а при їх будівництві витрачаються додаткові засоби на здійснення заходів, пов'язаних з виконанням вимог техніки безпеки і промислової санітарії. Шкідливість виробництв визначає розміри санітарної захисної зони для підприємств і окремих будівель хіміко-фармацевтичних виробництв. Таким чином, характер і кількість шкідливих речовин і речовин, що неприємно пахнуть і виділяються в навколишнє середовище, є однією з характеристик методу виробництва.

**Відповідно до «Санітарних норм проектування промислових підприємств» прийнята санітарна класифікація виробництв, що передбачає розділення їх на п'ять класів.** При цьому основними критеріями, що визначають клас виробництва, є властивості готового продукту, сировини і допоміжних матеріалів, характер технологічного процесу і потужність виробництва. Наприклад, до першого класу відносяться виробництва аніліну, нітробензену, нітроаніліну, хлорбензену, фенолу та ін. при сумарній потужності виробництв більше 1000 т/год. Ті ж виробництва при сумарній потужності менше 1000 т/год відносяться до другого класу.

Виробництва  $\beta$ -нафтолу, Аш-кислоти, фенілперікислоти, антрахінону, фталевого ангідриду при сумарній потужності більше 2000 т/год відносяться до першого класу, а при сумарній потужності менше 2000 т/год – до другого класу. Для виробництв класу I розмір санітарної захисної зони складає 1000 м, II – 500 м, III – 300 м, IV – 100 м, V – 50 м.

Перелік багатьох хіміко-фармацевтичних виробництв з вказівкою класу приведений в санітарних нормах.

**За пожежною небезпекою виробництва підрозділяються на шість категорій, від А до Е.**

До категорії А відносяться вибухо- і пожеженебезпечні виробництва, пов'язані з переробкою, застосуванням або отриманням рідин з температурою спалаху пари 28 °С і нижче, газів з нижньою межею вибуховості 10% (об.) і нижче, а також речовин, вибух і займання яких можуть відбутися при контакті їх з водою або киснем повітря. До вказаних належать виробництва, де виробляють або застосовують водень, деякі органічні розчинники, металевий натрій, калій та інші.

До категорії Б відносяться вибухо- і пожеженебезпечні виробництва, пов'язані з переробкою, застосуванням або отриманням рідин з

температурою спалаху від 28 до 61 °С, газів з нижньою межею вибуховості вище 10% (об.), а також виробництва, в яких можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні суміші.

До категорії В відносяться пожеженебезпечні виробництва, пов'язані з обробкою, застосуванням або отриманням рідин з температурою спалаху пари вище 61 °С або твердих речовин, що згорають.

До категорії Г відносяться виробництва, пов'язані з обробкою речовин, що не згорають, і матеріалів в гарячому або розплавленому стані.

До категорії Д відносяться виробництва, пов'язані з обробкою речовин, що не згорають, в холодному стані.

До категорії Е відносяться виробництва, пов'язані з переробкою речовин, здатних вибухати без подальшого горіння.

**З погляду вибору електроустаткування виробничі приміщення і установки діляться на дві категорії: пожеженебезпечні і вибухонебезпечні.**

**Пожеженебезпечними** називають приміщення або установки, в яких переробляються або виробляються горючі речовини.

Пожежні приміщення і установки діляться на декілька класів.

Клас П-І. До нього відносяться приміщення, в яких застосовують або зберігають горючі рідини з температурою спалаху пари вище 45 °С.

Клас П-ІІ. До нього відносяться приміщення, в атмосфері яких можуть знаходитися волокна або пил, проте можливість їх вибуху виключена.

Клас П-ІІа. До нього відносяться приміщення, в яких зберігають або обробляють тверді волокнисті або горючі речовини, що не утворюють вибухонебезпечні пилоповітряні суміші.

Клас П-ІІІ. До цього класу відносяться зовнішні установки, призначені для зберігання або переробки твердих горючих речовин або рідин з температурою спалаху вище 45 °С.

**Вибухонебезпечними** називають приміщення або зовнішні установки, в яких можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші газів або пари з повітрям і іншими газами – окиснювачами або горючого пилу або волокон з повітрям.

Вибухонебезпечні приміщення і установки діляться на декілька класів.

Клас В-І. До нього відносяться приміщення, в яких можливе виділення газів або пари, утворюючих з повітрям або іншими окиснювачами вибухонебезпечні суміші при нормальних режимах роботи, наприклад, при завантаженні або переливанні легко займистих і горючих рідин.

Клас В-Іа. До нього відносяться приміщення, в яких вибухонебезпечні суміші горючої пари або газів з повітрям або іншими окиснювачами можуть виникнути тільки в результаті аварій або несправностей.

Клас В-Іб. До нього відносяться приміщення, аналогічні приміщенням класу В-Іа, що відрізняються наступними особливостями:

а) вживані горючі гази володіють високою нижньою межею вибуховості і різким запахом (наприклад, аміачні установки);

б) у приміщеннях можливі лише місцеві вибухонебезпечні концентрації (наприклад, приміщення електролізу води і куховарської солі);

в) пальні і легко займисті рідини і горючі гази є в приміщенні в невеликих кількостях і робота з ними проводиться без застосування відкритого вогню.

Клас В-Іг. До нього відносяться зовнішні установки (наприклад, газгольдери, зливно-наливні естакади та ін.), де вибухонебезпечні суміші газів, пари або паливних і легко займистих рідин можуть утворюватися тільки в результаті аварій або несправностей.

Клас В-ІІ. До нього відносяться приміщення, в яких можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші горючого пилу або волокон з повітрям або іншими окиснювачами.

Клас В-ІІа. До них відносяться приміщення, аналогічні класу В-ІІ, в яких небезпечні стани можуть виникнути тільки в результаті аварій або несправностей.

**У цьому розділі також формулюються ступінь шкідливості виробництва, категорія його пожеже- або вибухонебезпеки його категорія за правилами устрою електроустановок.** Крім того, на підставі аналізу всього експериментального матеріалу і даних літератури, викладених в розділі «Основні властивості готового продукту, сировини і допоміжних матеріалів», повинно бути встановлено, чи є ця інформація достатньою, а якщо недостатня, то по яких речовинах повинні бути отримані додаткові експериментальні матеріали. Цей висновок повинен бути відображений в пропозиціях до плану подальших експериментальних робіт.

Розрахунки або обґрунтування категорії виробничих приміщень по вибухопожежній небезпеці виконують за ОНТП 24-86.

**За вибухопожежній і пожежній небезпеці приміщення і будівлі підрозділяються на категорії: А, Б, В, Г і Д.** Визначення категорій приміщень здійснюють послідовною перевіркою приналежності приміщень до категорій відповідно до таблиці 6.1 від вищої (А) до нижчої (Д).

Згідно СНіП 2.01.02-85 будівлі, споруди і їх частини (пожежники, відсіки), підрозділяються по ступеню вогнестійкості, які визначаються мінімальними межами вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальними межами поширення вогню по цих конструкціях відповідно за таблицею 6.2.

Ступень вогнестійкості будівель приймають в проекті залежно від їх призначення, категорії по вибухопожежній і пожежній небезпеці, поверхні, площі поверху в межах пожежного відсіку. Зразкові конструктивні характеристики будівель залежно від їх ступеню вогнестійкості приймають з табл. 6.3.

Категорії приміщень по ОНТП 24-86

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться в приміщенні
А вибухопожежо- небезпечна	Горючі гази, легкозаймісті рідини з температурою спалаху не більш 28 °С в такій кількості, що можуть утворитися вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. Речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним в такій кількості, що надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.
Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться в приміщенні
Б вибухопожежо- небезпечна	Пальні пил або волокна, легкозаймісті рідини з температурою спалаху більш 28 °С, горючі рідини в такій кількості, що можуть утворитися вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.
В пожежонебезпечна	Пальні і трудногорючі рідини, тверді речовини і матеріали (у тому числі пил і волокна) речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, з киснем повітря або один з одним тільки горіти, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться, не відносяться до категорій А і Б.
Г	Негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я; горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюють або утилізуються як паливо.
Д	Негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Ступень вогнестійкості будівельних конструкцій визначають за СТ СЭВ 1000-78. Межі поширення вогню по будівельних конструкціях визначають шляхом випробування будівельних конструкцій на поширення вогню за методом, викладеним в СНіП 2.01.02-85.

Будівельні матеріали за горючістю (займистістю) підрозділяються на три групи: негорючі (що не згорають), трудногорючі (важкоспалимі) і пальні (що згорають). Групи горючості будівельних матеріалів визначають за СТ СЭВ 382-76 і СТ СЭВ 2437-80.

Класифікація будівельних матеріалів і конструкцій за токсичністю продуктів горіння і димотворної здатності при горінні приймають за ГОСТ 12.1.044-89.

Таблиця 6.2

Ступень вогнестійкості будівель

Ступень вогнестійкості будівель	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій, число (над рисою), і максимальні межі поширення вогню по них, число (під рисою)								
	Стіни				колони	сходові майданчики, косоури, сходи, балки і марші	плити, настипи (у тому числі з утеплювачем) і інші конструкції несучих	елементи покриттів	
	несучі та сходових клітин	самонесучі	несучі (у тому числі з навісних не внутрішні несучі (перегородки))	плити, настипи (у тому числі з утеплювачем) і перегородки				балки, ферми, арки, рами	
I	<u>2,5</u> 0	<u>1,25</u> 0	<u>0,5</u> 0	<u>0,5</u> 0	<u>2,5</u> 0	<u>1</u> 0	<u>1</u> 0	<u>0,5</u> 0	<u>0,5</u> 0
II	<u>2</u> 0	<u>1</u> 0	<u>0,25</u> 0	<u>0,25</u> 0	<u>2</u> 0	<u>1</u> 0	<u>0,75</u> 0	<u>0,25</u> 0	<u>0,25</u> 0
III	<u>2</u> 0	<u>1</u> 0	<u>0,25</u> 0	<u>0,25</u> 40	<u>2</u> 0	<u>1</u> 0	<u>0,75</u> 25	<u>н. н.</u> н. н.	<u>н. н.</u> н. н.
IIIa	<u>1</u> 0	<u>0,5</u> 0	<u>0,25</u> 40	<u>0,25</u> 40	<u>0,25</u> 0	<u>1</u> 0	<u>0,25</u> 0	<u>0,25</u> 25	<u>0,25</u> 0
IIIб	<u>1</u> 40	<u>0,5</u> 0	<u>0,25</u> 0	<u>0,25</u> 40	<u>1</u> 40	<u>0,75</u> 0	<u>0,75</u> 25	<u>0,25</u> 0	<u>0,75</u> 25(40)
			<u>0,5</u> 40					<u>0,5</u> (25)40	
IV	<u>0,5</u> 40	<u>0,25</u> 40	<u>0,25</u> 40	<u>0,25</u> 40	<u>0,5</u> 40	<u>0,25</u> 25	<u>0,25</u> 25	<u>н. н.</u> н. н.	<u>н. н.</u> н. н.
IVa	<u>0,5</u> 40	<u>0,25</u> 40	<u>0,25</u> н.н.	<u>0,25</u> 40	<u>0,25</u> 0	<u>0,25</u> 0	<u>0,25</u> 0	<u>0,25</u> н. н.	<u>0,25</u> 0
V	Не нормуються								

Примітки

1 В дужках приведені межі поширення вогню для вертикальних і похилих ділянок конструкцій.

2 Скорочення "н. н." означає, що показник не нормується.

Зразкові конструктивні характеристики будівель залежно  
від їх ступеню вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості	Конструктивні характеристики
I	Будівлі з конструкціями, що несуть і захищають, з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових негорючих матеріалів
II	Теж. У покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції
III	Будівлі з конструкціями, що несуть і захищають, з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону. Для перекриттів допускається використання дерев'яних конструкцій, захищених штукатуркою або трудногорючими листовими, а також плитковими матеріалами. До елементів покриттів не пред'являються вимоги по межах вогнестійкості і межах поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці
IIIa	Будівлі переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – із сталевих незахищених конструкцій. Конструкції, що захищають, -- із сталевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з трудногорючим утеплювачем
IIIб	Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса -- з цілісної або клеєної деревини, підданій вогнезахисній обробці, що забезпечує необхідну межу поширення вогню. Конструкції, що захищають, – з панелей або поелементної зборки, виконані із застосуванням деревини або матеріалів на її основі. Деревина і інші горючі матеріали конструкцій, що захищають, мають бути піддані вогнезахисній обробці або захищені від дії вогню і високих температур так, щоб забезпечити необхідну межу поширення вогню.
IV	Будівлі з конструкціями, що несуть і захищають, з цілісної або клеєної деревини і інших палих або трудногорючих матеріалів, захищених від дії вогню і високих температур штукатуркою або іншими листовими або плитковими матеріалами. До елементів покриттів не пред'являються вимоги по межах вогнестійкості і межах поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці.

Ступінь вогнестійкості	Конструктивні характеристики
IVa	Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса - із сталевих незахищених конструкцій. Конструкції, що захищають, - із сталевих профільованих листів або інших негорючих матеріалів з горючим утеплювачем
V	Будівлі, що несуть і захищають, до конструкцій яких не пред'являються вимоги по межах вогнестійкості і межах поширення вогню

Згідно ДНАОП 0.00-1.32-01 (ПУЕ- 2001) і ГОСТ 12.1.011-78 вибухонебезпечні суміші газів і пари підрозділяються на категорії вибухонебезпеки залежно від величини безпечного експериментального максимального проміжку (БЕМП) за таблицею 6.4. БЕМП – це максимальний проміжок між фланцями оболонки, через який не відбувається передача вибуху з оболонки в довкілля при будь-якій концентрації пального в повітрі.

Таблиця 6.4

## Категорія вибухонебезпечних сумішей повітря з газами

Категорія сумішей	Найменування суміші	Величина БЕМП, мм
II	Промислові гази і пари	-
II A	Те ж	0,0,9 і більш
II B	«	Більше 0,5, але менше 0,9
II C	«	0,0,5 і менш

Залежно від величини температури самозаймання вибухонебезпечні суміші газів і пари підрозділяються на групи за таблицею 6.5.

Таблиця 6.5

## Групи вибухонебезпечних сумішей повітря з газами

Групи вибухонебезпечних сумішей	Температура самозаймання, °C
T1	Більше 450
T2	Те ж «300 до 450 включно».
T3	«200 до 300»
T4	«135 до 200»
T5	«100 до 135»
T6	«85 до 100»



Газо- і пароповітряні вибухонебезпечні середовища створюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1 і 2, а пилоповітряні – 20, 21 і 22 відповідно за таблицею 6.6, горючі рідини, пил, тверді речовини і матеріали – пожежонебезпечні зони класів П-I (рідини з температурою займання більш 61 °С), П-II (пил і волокна), П-Па (тверді речовини і матеріали), П-III (горючі речовини і пил відсутні).

Таблиця 6.6

Класи вибухонебезпечних зон

Клас вибухонебезпечної зони	Характеристика
0	Простір, в якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або упродовж тривалого періоду. Має місце тільки в межах корпусів технологічного устаткування.
1	Простір, в якому вибухонебезпечне середовище може створюватися при нормальній роботі, ситуації, коли установка працює за своїми розрахунковими параметрами.
2	Простір, в якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов роботи відсутнє, а якщо виникає, то рідко і триває недовго. При проектуванні електроустановок можливість катастрофічної аварії (розрив трубопроводу високого тиску або резервуару великої місткості), не розглядається
20	Простір, в якому при нормальній експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для створення вибухонебезпечної концентрації суміші з повітрям і (чи) простір, де можуть створюватися пилові шари не передбаченої або надмірної товщини. Зазвичай має місце усередині устаткування.
21	Простір, в якому при нормальній експлуатації можлива поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для створення вибухонебезпечної концентрації суміші з повітрям. Може включати простір поблизу місця порошкового заповнення або осідання і простір, де можлива поява пилових шарів.
22	Простір, в якому вибухонебезпечний пил в зваженому стані може з'являтися нечасто і перебувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть перебувати і утворювати вибухонебезпечні суміші у разі аварії. Може включати простір поблизу устаткування, яке утримує пил, при витоку пилу.

## РОЗДІЛ 7

### МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

На стадії проектної розробки проекту виконуються технологічні розрахунки, до складу яких входять матеріальні і теплові розрахунки технологічного устаткування. Матеріальні розрахунки як правило, проводяться на завершальному етапі лабораторних досліджень з подальшою їх розробкою в процесі дослідно-промислових випробувань. Вибір і розрахунки технологічного устаткування та теплові розрахунки ведуться з залученням результатів дослідно-промислових випробувань.

Графічна частина проекту, а саме плани і розрізи промислової будівлі з розміщенням технологічного устаткування з деталізацією окремих будівельних вузлів і конструкцій, виконується на стадії попереднього визначення об'ємів промислової споруди.

#### 7.1 Розрахункова частина проекту

##### 7.1.1 Матеріальні розрахунки

Матеріальні розрахунки виробничого процесу проводяться з метою визначення видаткових коефіцієнтів за сировиною на одиницю готової продукції, кількості і складу проміжних і побічних продуктів за кожною стадією технологічного процесу, кількості і складу стічних вод, газових викидів та інших побічних продуктів виробництва. Дані матеріального розрахунку використовуються в технологічних розрахунках для підбору устаткування, в енергетичних і економічних розрахунках, а також при проектуванні способів знешкодження або рекуперації промислових відходів.

Матеріальний розрахунок складається на основі даних лабораторного, дослідно-промислового або виробничого регламенту з врахуванням змін, внесених при проектуванні. До цих даних, насамперед, відносяться технологічна схема та опис стадій виробництва з визначенням основних і побічних реакцій, ступенів перетворення та виходів по стадіях, а також склад вихідних речовин і матеріальних потоків згідно з технологічною схемою. Розрахунок проводиться для кожної стадії процесу у формі матеріального балансу.

В основу розрахунку покладено закони збереження маси речовин і стехіометричних співвідношень. Для безперервних виробництв матеріальні розрахунки проводять на добову, годинну або секундну продуктивність, для періодичних – на 1 *m* готового технічного продукту або на 1 *m* 100 %-вого продукту (якщо продукт використовується на цьому ж підприємстві). Інколи розрахунки проводяться на одну операцію.

Методика матеріальних розрахунків залежить від характеру технологічної стадії виробництва. Якщо на стадії здійснюються тільки фізико-механічні перетворення, то за допомогою розрахунку необхідно встановити, яка кількість завантаженої сировини й отриманих продуктів втрачається, а яка передається до наступної стадії. Втрати речовин при фізико-механічних перетвореннях сировини орієнтовно складають: транспортування сировини – 0,5 %; сушіння – 1÷10 %; розмелювання, подрібнення – 0,5 %; змішування, упарювання, перегонка – 5÷15 %; ректифікація, пакування, розфасовування – 0,5 %.

Механічні втрати пов'язані з підтіканням сальників, арматури, фланців, з просипанням і проливанням продуктів при транспортуванні їх з апарата в апарат, пакуванні в тару і вивантаженні з тари, переходів від виробництва одного продукту на інший, відборі проб, при відгонці розчинників тощо.

Зі збільшенням числа стадій у виробництві втрати зростають. Чим вища потужність виробництва, тим менші втрати на одиницю продукції. Зменшенню втрат сприяє застосування високоякісної сировини, яка не потребує попереднього очищення, зменшення числа проміжних сховищ, транспортування продуктів у вигляді розплавів, розчинів або суспензій.

Якщо технологічний процес супроводжується протіканням хімічних реакцій, то розрахунки необхідно проводити з врахуванням стехіометричних коефіцієнтів. Для розрахунку кількості речовин, що завантажують та одержують, необхідно знати стехіометричне рівняння, вихід продуктів від теоретичного за окремими стадіями і по виробництву в цілому. Теоретичний вихід розраховується за стехіометричними рівняннями реакції.

Теоретичний вихід продукту може бути розрахований за кожною з реагуючих речовин, якщо вони взяті в еквімолярних співвідношеннях. Якщо одна з реагуючих речовин взята в надлишку, то теоретичний вихід розраховується за основною речовиною.

Практичний вихід продуктів реакції завжди нижчий від теоретичного. Під виходом від теоретичного (практичний вихід) розуміють відношення практично одержаної кількості продукту (*кг, моль, %*) до його теоретичної кількості, розрахованої за стехіометричним рівнянням (*кг, моль, %*).

На стадіях, що супроводжуються хімічними перетвореннями, втратипов'язані, головним чином, з витратою сировини на утворення побічних продуктів.

Для більш повної характеристики цих втрат та пошуку шляхів щодо їх зменшення в практиці розрахунків існують поняття про ступінь перетворення вихідної сировини і вибірковість (селективність) процесу.

Під ступенем перетворення сировини розуміють відношення маси сировини, яка вступила в реакцію, до маси завантаженої сировини (*кг/кг; кг-моль/кг-моль; %*).

Корисний ступінь перетворення завжди менший від загального за рахунок утворення продуктів в побічних реакціях.

Відношення маси корисно перетвореної сировини до маси сировини, що вступила в реакцію (вкг/кг, кг-моль/кг-моль, %) характеризує вибірковість (селективність) процесу.

**Приклад.** Визначити ступінь перетворення сировини і селективність процесу синтезу 4-нітробензойної кислоти, якщо на операцію завантажено 600кг 4-нітротолуолуену, вступило в реакцію 560 кг, з них 550 кг прореагувало з утворенням 4-нітробензойної кислоти.

**Розв'язок.** Ступінь перетворення 4-нітротолуену складає:

$$(560:600) \cdot 100 = 93,3\%$$

$$\text{Селективність процесу за 4-нітротолуеном } (550:560) \cdot 100 = 98,2\%$$

**Послідовність матеріальних розрахунків є наступною.** Спочатку формується підрозділ "Вихідні дані для розрахунків", де вказується, на яку одиницю проводиться розрахунок – на 1 т готового продукту, на секундну продуктивність тощо; якщо хімічна речовина реалізується на зовнішньому ринку, то розрахунок проводиться на одиницю технічного готового продукту, а якщо в межах підприємства, то розрахунок проводять на одиницю 100 %-ного готового продукту; далі перелічуються стадії процесу, записуються основні та побічні реакції, виходи за стадіями і по виробництву в цілому. Загальний вихід по виробництву визначається простим перемноженням виходів за стадіями (у масових частках):

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \dots \cdot \eta_i$$

Для періодичних процесів розраховується перерахунковий коефіцієнт від завантаження на одну регламентну операцію до завантаження на 1 т готового продукту.

Перерахунковий коефіцієнт обчислюється за формулою:

$$K = G_T : G_0,$$

Де  $G_T$  – завантаження компонента в розрахунку на 1 т готового продукту, кг;

$G_0$  – регламентне завантаження компонента на одну операцію.

Завантаження основного компонента на 1 т готового продукту знаходять за формулою:

$$G_T = G : \eta_{\text{заг}},$$

де  $\eta_{\text{заг}}$  – загальний вихід по виробництву, у масових частках;

$G$  – теоретичне завантаження основного компонента на першу стадію для одержання 1 т готового продукту згідно із стехіометричним рівнянням реакції, кг.

В кінці підрозділу наводиться схема матеріальних потоків (див. приклад 1.1), яку складають на основі технологічної схеми виробництва. На спрощеній схемі матеріальних потоків апарати позначають кружечками або квадратами, а вхідні і вихідні матеріальні потоки – стрілками, спрямованими до апарата або від нього. Над стрілками вказується номер, який привласнюється даному матеріальному потоку.

Після підрозділу "Вихідні дані" виконується постадійний матеріальний розрахунок, в основу якого покладено закон збереження маси речовин.

**Рівняння матеріального балансу будь-якої стадії технологічного процесу записується у вигляді:**

$$G_A + G_B = G_C + G_D + G'_A + G'_B + G,$$

де  $G_A$  і  $G_B$  – маси вихідних речовин, кг;

$G_C$  і  $G_D$  – маси отриманих речовин, кг;

$G'_A$  і  $G'_B$  – маси речовин А і В, що не вступили в реакцію, кг;

$G$  – втрати сировини, готового продукту і домішок, кг.

Відповідно до приведеного рівняння послідовність матеріального розрахунку стадії є наступною. Спочатку визначають завантаження вихідних речовин шляхом простого перемножування  $G_o \times K$  (завантаження на одну операцію, яке взяте з технологічного регламенту, збільшується (або зменшується) на перерахунковий коефіцієнт). Потім, у відповідності до стехіометричного рівняння реакції з врахуванням виходу розраховують маси речовин, що вступили в реакцію й утворилися в результаті реакції. Перед розрахунками слід уточнити молярні маси реагуючих речовин і округлити їх таким чином, щоб суми молярних мас вихідних речовин та продуктів реакції були рівні.

Після закінчення розрахунку знаходять маси речовин, що не вступили в реакцію, втрати вихідних, проміжних речовин і кінцевих продуктів. Розрахунок кожної стадії процесу вважається закінченим, якщо витримується рівність прибуткової і витратної частин матеріального балансу.

Наприкінці розрахунку стадії складається таблиця матеріального балансу за формою:

Найменування компонентів	Мол. маса	Мас. частка, %	Маса компонентів, кг		Густина, кг/дм <sup>3</sup>	Об'єм, дм <sup>3</sup>
			100%	техн.		

Згідно до схеми матеріальних потоків послідовно виконують розрахунок для всіх стадій виробництва. Якщо розрахунок виконаний правильно, наприкінці розрахунку одержується та кількість готового продукту, на яку проводиться розрахунок (наприклад, 1 т готового 100 %-вого продукту).

За даними матеріального розрахунку всього виробництва складається таблиця видаткових коефіцієнтів за сировиною на одиницю готового продукту за формою:

Найменування компонентів	Масова частка, %	Маса компонентів, кг		Примітка
		100 %	техн.	

## 7.1.2 Особливості матеріальних розрахунків процесів сульфування

### 7.1.2.1 Матеріальний баланс розведення і змішування сульфатної кислоти

В процесах сульфування використовують купоросне масло (93–94 %  $H_2SO_4$ ), моногідрат (98–100 %  $H_2SO_4$ ), 20 %-вий олеум (моногідрат, в якому розчинено 20 % вільного  $SO_3$ ) і 60 %-вий олеум. На практиці сульфуючі агенти мають концентрацію, яка відрізняється від концентрації технічних сортів сульфатної кислоти, тому сульфуючі агенти необхідної концентрації готують безпосередньо перед сульфуванням шляхом змішування або розведення відповідних технічних сортів сульфатної кислоти. Розведення кислот проводиться також і з іншою метою: для виділення сульфокислот з реакційної маси, для наступної обробки продуктів сульфування тощо.

На практиці використовуються кілька варіантів змішування і розведення кислот:

- змішування кислот різної концентрації;
- розведення кислот водою;
- змішування кислот з олеумом для зміцнення кислоти або розведення олеуму.

### 7.1.2.2 Змішування кислот різної концентрації

Матеріальний баланс змішування може бути представлено наступними рівняннями:

$$G_1 \cdot m_1 + G_2 \cdot m_2 = G \cdot m \quad (7.1)$$

$$G_1 + G_2 = G, \quad (7.2)$$

де  $G_1$ ,  $G_2$  і  $G$  – відповідно маси концентрованої, розведеної й отриманої при змішуванні кислот, кг;

$m_1$ ,  $m_2$  і  $m$  – відповідно вміст сульфатної кислоти в концентрованій, розведеній та в кислоті, отриманій при змішуванні кислот, %.

Спільне розв'язання цих рівнянь дозволяє обчислити маси концентрованої і розведеної кислот, що витрачаються на утворення необхідної кількості кислоти потрібної концентрації:

$$G_1 = G \frac{m - m_2}{m_1 - m_2} \quad (7.3)$$

$$G_2 = G \frac{m - m_2}{m_1 - m_2} = G - G_1 \quad (7.4)$$

### 7.1.2.3 Розведення кислоти водою

У випадку розведення кислоти водою балансові рівняння (7.1) і (7.2) перетворюються до вигляду:

$$G_1 \cdot m_1 = G \cdot m \quad (7.5)$$

$$G_1 + G_2 = G$$

З використанням цих рівнянь визначається маса концентрованої кислоти  $G_1$  і води  $G_2$  (кг), що витрачаються на утворення  $G$  (кг) кислоти концентрацією  $m$  %:

$$G_1 = G \frac{m}{m_1} \quad (7.6)$$

$$G_2 = G \frac{m_1 - m}{m_1} = G - G_1 \quad (7.7)$$

### 7.1.2.4 Змішування олеуму і кислоти з утворенням розведеного олеуму

Якщо позначити концентрацію олеуму, що розбавляється та одержується, через  $m_1$  і  $m_2$  %  $\text{SO}_3$  надлишкового, а концентрацію кислоти  $m_2$  також в %  $\text{SO}_3$  надлишкового, то для цього варіанта змішування олеуму і кислоти будуть справедливі формули (7.1–7.4).

Концентрація сульфатної кислоти в %  $\text{SO}_3$  надлишкового може бути знайдена наступним чином. Концентрація моногідрату в %  $\text{SO}_3$  надлишкового складає 0 %. Концентрація розведеної сульфатної кислоти в %  $\text{SO}_3$  надлишкового менша від концентрації моногідрату (0 %) на стільки відсотків, на скільки збільшується вага розведеної кислоти, насиченої сірчаним ангідридом до концентрації моногідрату. Якщо концентрація кислоти складає  $m_2$  %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  і кожні 18 ваг. ч. води поглинають 80 ваг. ч.  $\text{SO}_3$ , то при насиченні такої кислоти  $\text{SO}_3$  (до концентрації моногідрату) її маса збільшиться на

$$(80:18) \cdot (100 - m_2), \% \quad (7.8)$$

або на

$$4,44 \cdot (100 - m_2), \% \quad (7.9)$$

Таким чином, концентрація кислоти в  $\% \text{SO}_3$  надлишкового визначається рівнянням:

$$m_2' = 0 - 4,44 \cdot (100 - m_2) = 4,44 \cdot (m_2 - 100) \quad (7.10)$$

Після внесення значення  $m_2'$  з рівняння (7.10) в рівняння (7.3) і (7.4) одержують формули для визначення маси концентрованого олеуму  $G_1$  (кг) та кислоти  $G_2$  (кг), що витрачаються для одержання  $G$  (кг) олеуму концентрацією  $m$  %:

$$G_1 = G \frac{m - 4,44(m_2 - 100)}{m_1 - 4,44(m_2 - 100)} \quad (7.11)$$

$$G_2 = G \frac{m - m_1}{4,44(m_2 - 100) - m_1} = G - G_1 \quad (7.12)$$

#### 7.1.2.5 Змішування олеуму і кислоти з утворенням більш концентрованої кислоти

Для розрахунків використовують рівняння (7.5–7.8) за умов, що концентрація олеуму, зазвичай виражена в  $\% \text{SO}_3$  надлишкового ( $m_1'$ ), буде виражена в  $\% \text{H}_2\text{SO}_4$ . В процесі гідратації надлишкового  $\text{SO}_3$  до утворення моногідрату сульфатної кислоти вага суміші збільшується на  $m_1$  (18/80) % або на  $0,225m_1$ %. Відповідно концентрація олеуму в  $\% \text{H}_2\text{SO}_4$  складатиме:

$$m_1' = 100 + 0,225 \cdot m_1 \quad (7.13)$$

Позначаючи через  $m_2$  і  $m$  відповідно концентрації вихідної та одержуваної кислоти (в  $\% \text{H}_2\text{SO}_4$ ) і підставляючи в рівняння (7.3) та (7.4) значення  $m_1'$ , одержують формули для визначення кількостей олеуму  $G_1$  (кг) і кислоти  $G_2$  (кг), що витрачаються при одержанні  $G$  (кг) більш концентрованої кислоти, що містить  $m$  %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$G_1 = G \frac{m - m_2}{100 + 0,225m_1 - m_2} \quad (7.14)$$

$$G_2 = G \frac{m - 100 - 0,225m_1}{m_2 - 100 - 0,225m_1} = G - G_1 \quad (7.15)$$

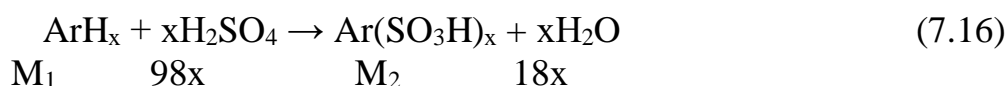


### 7.1.2.6 Змішування олеуму різної концентрації

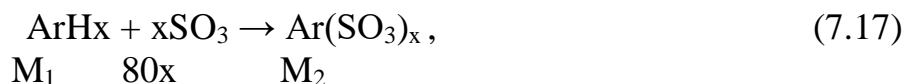
Для випадків змішування олеуму різної концентрації рівняння (7.1–7.4) справедливі при будь-якому способі вираження концентрації сульфур(VI) оксиду.

### 7.1.2.7 Розрахунок сульфуючого агента для одержання продуктів сульфування

Реакції сульфування ароматичних сполук сульфатною кислотою або олеумом протікають за рівнянням:



або



де  $\text{ArH}_x$  – карбонгидроген;

$x$  – число атомів гідрогену, що заміщаються сульфогрупами;

$\text{Ar}(\text{SO}_3\text{H})_x$  – продукт сульфування.

На практиці витрати сульфуючого агента зазвичай перевищують його кількість, розраховану за стехіометричними рівняннями (7.16) і (7.17). Це пояснюється тим, що сульфатна кислота може сульфувати ароматичну сполуку тільки в тому випадку, коли її концентрація перевищує деяку величину, яка називається  $\pi$ -сульфуванням ( $\pi$ ). Значення  $\pi$ -сульфування виражається у сотих частках  $\text{SO}_3$ , що містяться в сульфуючому агенті.

Відповідно до рівняння (7.17) витрати сульфур(IV) оксиду на сульфування ( $G_c$ ) складають:

$$G_c \cdot (80x : M_1), \quad (7.18)$$

де  $G_c$  – маса сировини, що сульфуюється, кг.

Маса сульфур(IV) оксиду, що залишилася після сульфування, ( $G_s$ ), визначається як:

$$G_a \cdot S - G_c \cdot (80x : M_1), \quad (7.19)$$

де  $G_a$  – витрати сульфуючого агента, кг;

$S$  – вміст сульфур(IV) оксиду в сульфуючому агенті, %.

Маса сульфуючого агента, що залишився, ( $G_a$ ), визначається за рівнянням (7.20):

$$G_a - G_c \cdot (80x : M_1) \quad (7.20)$$

Концентрація сульфур(IV) оксиду в сульфуючому агенті, який залишився, повинна дорівнювати  $\pi$ , тому справедлива рівність, що випливає з рівнянь (6.19) та (6.20), яка виражає баланс сульфур(IV) оксиду при сульфуванні:

$$G_a \cdot S - G_c \cdot (80x : M_1) = [G_a - G_c \cdot (80x : M_1)]\pi \quad (7.21)$$

Розв'язуючи це рівняння відносно  $G_a$ , обчислюють витрату сульфуючого агента, (кг):

$$G_a = G_c \cdot [80x (1 - \pi) : M_1 \cdot (S - \pi)] \quad (7.22)$$

Витрати сульфуючого агента зменшуються в умовах сульфування парів ароматичних речовин рідким сульфуючим агентом на величину:

$$G_2 \cdot [\pi : (S - \pi)], \quad (7.23)$$

де  $G_2$  – кількість води, що виділяється з реакційної маси за період сульфування, (кг), розраховується за формулою:

$$G_2 = G_1 \cdot (M_1 \cdot P_1 : M_2 \cdot P_2) \cdot \varphi, \quad (7.24)$$

де  $G_1$  – маса парів речовини, яка не просульфувалася при проходженні крізь шар сульфуючого агента, кг;

$M_1$  – молярна маса сульфованої речовини;

$M_2$  – молярна маса води;

$P_1$  – парціальний тиск парів сульфованої речовини;

$P_2$  – парціальний тиск парів води над поверхнею речовини, що сульфується;

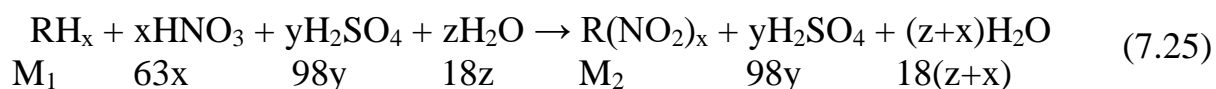
$\varphi$  – коефіцієнт, що враховує ступінь насичення парів сульфованої речовини парами води.

### 7.1.3 Особливості матеріальних розрахунків процесів нітрування

#### 7.1.3.1 Рівняння складу нітруючої суміші

Як нітруючий агент використовують нітратну кислоту і, особливо часто, нітруючу суміш різного складу, яка містить нітратну та сульфатну кислоти і воду.

Нітрування органічних сполук нітруючою сумішшю протікає за схемою:



Витрати нітратної кислоти в процесах нітрування є близькими до теоретично розрахованих. На практиці нітратну кислоту беруть в кількостях, які перевищують теоретичні витрати на 1–10 %.

Сульфатна кислота вводиться в нітруючу суміш в кількостях більших, ніж потрібно за рівнянням (7.25), причому її кількість залежить від співвідношення коефіцієнтів  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Відповідно до теорії і практики нітрування вміст сульфатної кислоти в нітруючій суміші повинен бути  $2x$  плюс додаткова її кількість, яка необхідна для зв'язування води, що виділилася в процесі нітрування, з утворенням відпрацьованої кислоти складу, визначеного дослідним шляхом для кожного конкретного процесу. Співвідношення коефіцієнтів  $x$  і  $y$  може в певних межах змінюватися, але процес нітрування буде проходити гладко, якщо відношення  $y : (x + z)$  відповідає заданій величині, яка визначає необхідну концентрацію  $H_2SO_4$  у відпрацьованій кислоті.

Відношення  $98y : [18(x + z)]$ , яке називається числом водовіднімання, визначає концентрацію  $H_2SO_4$  у відпрацьованій кислоті і дозволяє встановити основні матеріальні співвідношення процесу.

Витрата нітратної кислоти в процесі нітрування ( $k_2$ ) дорівнює:

$$G_{HNO_3} = G_n \frac{63x}{M_1} (1 + 0,01\varphi), \quad (7.26)$$

де  $G_n$  – маса нітрованої речовини, кг;

$M_1$  – молярна маса нітрованої речовини;

$\varphi$  – надлишок нітратної кислоти в порівнянні з теоретично необхідною кількістю, %.

Вміст нітратної кислоти в нітруючій суміші ( $k_2$ ) складає:

$$G_{HNO_3} = G \cdot (L : 100), \quad (7.27)$$

де  $G$  – витрата нітруючої суміші на нітрування, кг;

$L$  – вміст нітратної кислоти в нітруючій суміші, %.

З рівнянь (7.26) і (7.27), одержують:

$$G \cdot (L : 100) = (63x \cdot G_n : M_1) (1 + 0,01\varphi) \quad (7.28)$$

Кількість сульфатної кислоти в нітруючій суміші складає ( $k_2$ ):

$$G_{H_2SO_4} = G \cdot (m : 100), \quad (7.29)$$

де  $m$  – вміст сульфатної кислоти в нітруючій суміші, %.

Кількість відпрацьованої кислоти, що містить тільки воду й сульфатну кислоту, визначається сумою:

$$G \cdot (100 - L) : 100 + (18x \cdot G_H) : M_1 \quad (7.30)$$

Отже, баланс сульфатної кислоти в процесі нітрування за умов, що її втрати дорівнюють нулю, може бути описаний наступним рівнянням:

$$[G \cdot (100 - L) : 100 + (18x \cdot G_H) : M_1] \cdot \rho = (G \cdot m) : 100 \quad (7.31)$$

яке після подальших перетворень має вигляд:

$$G \frac{m - (100 - L)\rho}{100} = G_H \frac{18x}{M_1} \rho, \quad (7.32)$$

де  $\rho = \frac{98y}{18(x+z) + 98y}$  – концентрація сульфатної кислоти у відпрацьованій кислоті, в масових частках.

Розділивши ліву і праву частини рівняння (7.28) відповідно на ліву і праву частини рівняння (7.32) одержують:

$$\frac{L}{m - (100 - L)\rho} = \frac{63(1 + 0,01\varphi)}{18\rho} = \frac{3,5(1 + 0,01\varphi)}{\rho} \quad (7.33)$$

Розв'язок рівняння (7.33) відносно  $m$  приводить до рівняння (7.34), яке широко використовується в практиці розрахунків:

$$m = \frac{[1 - 3,5(1 + 0,01\varphi)]\rho}{3,5(1 + 0,01\varphi)} L + 100\rho \quad (7.34)$$

або

$$m = K \cdot L + b, \quad (7.35)$$

де  $K = \frac{3,5(1 + 0,01\varphi)\rho}{3,5(1 + 0,01\varphi)}$  і  $b = 100 \cdot \rho$ .

Формулу (7.35) називають *рівнянням складу нітруючої суміші*. Воно виражає лінійну залежність між концентраціями сульфатної та нітратної кислот в суміші, що застосовується для нітрування, і дозволяє змінювати склад нітруючої суміші в залежності від наявності тих чи інших кислот для приготування нітросуміші, за умов, що вміст сульфатної та нітратної кислот в нітруючих сумішах повинен відповідати рівнянню складу.

Мінімальні витрати сульфатної кислоти досягаються при такому складові нітруючої суміші, при якому спостерігається максимальна концентрація сульфатної та нітратної кислот, тобто коли нітруюча суміш не містить води:

$$m + L = 100 \quad (7.36)$$

Розв'язуючи спільно рівняння (7.35) і (7.36), знаходять максимальні концентрації сульфатної і нітратної кислот в нітруючій суміші:

$$m_{\max} = \frac{b + 100K}{1 + K} \quad (7.37)$$

$$L_{\max} = \frac{100 - b}{1 + K} \quad (7.38)$$

З врахуванням максимальних концентрацій сульфатної та нітратної кислот і використанням рівняння (7.26), знаходять мінімальну кількість нітруючої суміші (кг):

$$G_{\min} = \frac{100}{L_{\max}} G_n \frac{63x}{M_1} (1 + 0,01\varphi) \quad (7.39)$$

мінімальні витрати сульфатної кислоти (кг):

$$G_{\text{H}_2\text{SO}_4} = G_{\min} \cdot (m_{\max} : 100) \quad (7.40)$$

і мінімальну кількість відпрацьованої кислоти, що утворюється (кг):

$$G_{\text{від}} = G_{\min} \cdot [m_{\max} : (100\rho)] \quad (7.41)$$

### 7.1.3.2 Матеріальний баланс змішування кислот і розрахунок нітруючих сумішей

Маса одержуваної нітруючої суміші дорівнює сумі мас всіх складових:

$$G = G_a + G_b + G_c, \quad (7.42)$$

де  $G$ ,  $G_a$ ,  $G_b$  і  $G_c$  – відповідно маса нітруючої суміші, що готується, та складових  $a$ ,  $b$  і  $c$ , що витрачаються на приготування нітросуміші, кг.

Баланс сульфатної, нітратної кислот і води в процесі змішування може бути представлений наступними рівняннями:

$$G \cdot L = G_a \cdot L_a + G_b \cdot L_b + G_c \cdot L_c \quad (7.43)$$

$$G \cdot m = G_a \cdot m_a + G_b \cdot m_b + G_c \cdot m_c \quad (7.44)$$

$$G \cdot n = G_a \cdot n_a + G_b \cdot n_b + G_c \cdot n_c, \quad (7.45)$$

де  $L$ ,  $m$ ,  $n$  – концентрація відповідно нітратної, сульфатної кислот та води в нітросуміші, що готується, %;

$L_a$ ,  $L_b$ ,  $L_c$  – концентрація нітратної кислоти в складових  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , %;

$m_a$ ,  $m_b$ ,  $m_c$  – концентрація сульфатної кислоти в складових  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , %;

$n_a, n_b, n_c$  – концентрація води відповідно в складових а, b, с, %.

Спільне розв'язання рівнянь (7.43–7.45) дозволяє обчислити витрати складових а, b, с, (кг):

$$G_a = G \frac{(L_c - L)(m_c - m_b) - (L_c - L_b)(m_c - m)}{(L_a - L_b)(m_a - m_c) - (L_a - L_c)(m_a - m_b)} \quad (7.46)$$

$$G_b = G \frac{(L_c - L)(m_a - m_c) - (L_a - L_c)(m_c - m)}{(L_a - L_b)(m_a - m_c) - (L_a - L_c)(m_a - m_b)} \quad (7.47)$$

$$G_c = G \frac{(L_a - L)(m_b - m_a) - (L_b - L_a)(m_a - m)}{(L_a - L_b)(m_a - m_c) - (L_a - L_c)(m_a - m_b)} \quad (7.48)$$

Отримані формули справедливі для всіх випадків приготування нітруючих сумішей із трьох складових. Якщо однією зі складових є олеум, то його концентрацію попередньо перераховують у відсотки моногідрату сульфатної кислоти (див. формулу 7.13).

Розрахунок нітруючих сумішей можливий лише в тому випадку, коли склад одержуваної нітруючої суміші заданий, тобто відомі величини  $L$  і  $m$ . Однак склад нітруючої суміші не завжди може бути заданий, оскільки він може змінюватися в певних межах (див. п. 7.3.1).

Значення  $L$  і  $m$  змінюються в широких межах відповідно до рівняння складу нітруючих сумішей і рівняння змішування складових (див. нижче), тому їхні точні значення можуть бути визначені тільки при спільному вирішенні цих рівнянь.

Попередньо відзначимо, що спільний розв'язок рівняння складу і рівняння змішування (див. рівняння 7.51) приводить до однозначного результату лише при одержанні нітруючої суміші з двох складових. Якщо складових більше, спільний розв'язок рівнянь показує лише межі можливої зміни складу нітруючих сумішей при даних складових.

Рівняння змішування можуть бути виведені при складанні матеріального балансу попарного змішування складових. Наприклад, нехай змішуються складові b і c (причому компонент b має більшу концентрацію нітратної кислоти, ніж складова c). Для цього випадку змішування справедливі рівняння:

$$G_b \cdot L_b + G_c \cdot L_c = (G_b + G_c) \cdot L \quad (7.49)$$

$$G_b \cdot m_b + G_c \cdot m_c = (G_b + G_c) \cdot m \quad (7.50)$$

спільний розв'язок яких дає **рівняння змішування**:

$$m = \frac{m_b - m_c}{L_b - L_c} L + \frac{L_b m_c - L_c m_b}{L_b - L_c} \quad (7.51)$$

Спільний розв'язок рівняння складу (7.35) і рівняння змішування (7.51) дає рівняння:

$$L = \frac{b(L_b - L_c) - (L_b m_c - L_c m_b)}{(m_b - m_c) - K(L_b - L_c)} \quad (7.52)$$

яке дозволяє визначати концентрацію нітратної кислоти в нітруючій суміші та склад нітруючої суміші.

Якщо нітруючу суміш готують не з двох, а з трьох складових (додається ще складова), то концентрація нітратної кислоти в суміші може змінюватися в межах від  $L_1$  до  $L_2$ , причому  $L_1$  знаходиться за рівнянням (7.52), а  $L_2$  – за рівнянням:

$$L_2 = \frac{b(L_b - L_a) - (L_b m_a - L_a m_b)}{(m_b - m_a) - k(L_b - L_a)} \quad (7.53)$$

Матеріальні співвідношення складових трикомпонентних кислот можна одержати і за допомогою графічних побудов. Однак графічний метод за точністю поступається перед аналітичним методом.

Для графічного відображення функціональної залежності між трьома зміннимивикористовують трикутну діаграму (трикутник Джебса) (рис. 7.1). Ця діаграма – це рівносторонній трикутник, сторони якого розділені на 10 або 100 рівних частин. Кожна сторона відповідає концентрації одного з компонентів суміші кислот. Таким чином, будь-яка точка, що лежить всередині трикутника, відповідає визначеному складу трикомпонентної суміші. Наприклад, точці 0 відповідає суміш, яка містить 70 % сульфатної кислоти, 20 % нітратної кислоти і 10 % води.

Найчастіше проводяться розрахунки за трьома наступними варіантами:

1. Задані тільки кількість сульфатної кислоти у відпрацьованій кислоті, надлишок нітратної кислоти (у відсотках від теоретичного) і склад вихідних кислот. За рівняннями (7.52) та (7.53) знаходять межі концентрації нітратної кислоти в нітруючій суміші. Для вибраної в цих межах довільної концентрації нітратної кислоти обчислюють за рівнянням (7.35) концентрацію сульфатної кислоти в нітруючій суміші, а потім за формулами (7.46), (7.47) і (7.48) визначають витрати складових.

2. Задані ті ж величини, що й у першому варіанті, і, крім того, концентрація нітратної кислоти в нітруючій суміші. За рівнянням (7.35) обчислюють концентрацію сульфатної кислоти в нітруючій суміші і проводять розрахунки аналогічно, як і в попередньому прикладі.

3. Задані ті ж величини, що й у першому прикладі, і, крім того, кількість нітруючої суміші. За рівнянням (7.26) знаходять витрати моногідрату нітратної кислоти, потім концентрацію нітратної кислоти в

нітруючій суміші і проводять подальші розрахунки за попереднім варіантом.

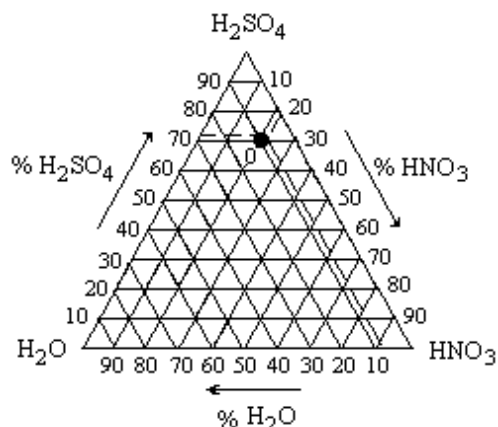


Рис. 7.1 Трикутник Джебса для розрахунку нітруючих сумішей.

## 7.2 Вибір і розрахунки технологічного обладнання

### 7.2.1 Загальні відомості

Розрахунки ємнісного обладнання проводяться на підставі потужності виробництва, даних матеріального балансу, і полягають у визначенні кількості та ємності (продуктивності) обладнання, необхідного для виконання заданої річної програми.

Методика технологічного розрахунку, як правило, залежить від набору вихідних даних і способу здійснення процесу.

### 7.2.2 Розрахунок ємнісного обладнання періодичних виробництв

В основу розрахунку покладено принцип, відповідно до якого періодично діючі апарати повинні мати ємність, достатню для внесення в них речовин, що необхідні для проведення однієї операції.

Як правило, задається об'єм речовин, який переробляється протягом доби,  $V_d$ , і тривалість перебування реакційної маси в апараті,  $\tau$ .

Розрахунок складається з двох частин. Спочатку визначають кількість апаратів та їхній об'єм на основній стадії технологічного процесу, за яку обирають або основну хімічну стадію, або стадію з максимальною тривалістю процесу. Кількість операцій, проведених на основній стадії протягом доби  $\alpha$  приймається постійною для всіх технологічних стадій процесу.

Після розрахунку за основною стадією проводять розрахунок кількості і ємності апаратів за іншими стадіями технологічного процесу при  $\alpha = \text{const}$ .



### 7.2.2.1 Розрахунок за основною стадією

Спочатку визначають число операцій, які потрібно провести протягом доби:

$$\alpha = V_{\partial} / (V_a \cdot \varphi), \quad (7.54)$$

де  $V_{\partial}$  – об'єм речовин, що переробляються на даній стадії протягом доби, л;

$V_a$  – ємність апарата, л;

$\varphi$  – коефіцієнт заповнення апарата.

В тому випадку, коли об'єм речовин, що переробляються на стадії за добу, не заданий, його знаходять за формулою:

$$V_{\partial} = M_{\partial} \cdot V_T, \quad (7.55)$$

де  $M_{\partial}$  – добова продуктивність за готовим продуктом, т;

$V_T$  – об'єм реакційної маси в розрахунку на 1 т готового продукту на стадії, по якій ведеться розрахунок, л.

Добова продуктивність визначається за формулою:

$$M_{\partial} = N / (A - Z), \quad (7.56)$$

де  $N$  – річна потужність виробництва за готовим продуктом, т;

$A$  – число діб в році, протягом яких працює виробництво;

$Z$  – число діб в році, відведене для ремонту устаткування; в залежності від складності технологічної схеми й устаткування величина  $Z$  коливається в межах від 3 до 35 діб.

Ємність апарата  $V_a$  приймається відповідно до ДСТУ або ГОСТ (табл. 7.2–7.4). Вибір ємності апарата залежить від вихідних вимог проекту, якими можуть бути мінімальні економічні витрати, мінімальна кількість одиниць устаткування, мінімальне відхилення запасу потужності апарата  $\delta$  від заданого тощо.

Коефіцієнт заповнення апарата  $\varphi$  приймається в наступних межах:

– для сховищ, мірників й іншої подібної апаратури – 0,85–0,90;

– для апаратів з мішалками, в яких процес протікає без спінювання – 0,75–0,80;

– для апаратів з мішалками, в яких протікають процеси, які супроводжуються спінюванням – 0,4–0,60.

Після визначення  $\alpha$  розраховують кількість операцій, яку можна провести в одному апараті протягом доби:

$$\beta = 24 / \tau, \quad (7.57)$$

де  $\tau$  – тривалість проведення технологічного циклу на стадії, год.

Тривалість технологічного циклу, як правило, складається з елементів, приблизний перелік яких наведено в табл. 7.1.

Розрахункове число апаратів,  $m_p$ , визначається формулою:

$$m_p = \alpha / \beta \quad (7.58)$$

Кількість апаратів  $m$ , прийнята до встановлення, дорівнює числу, отриманому при округленні значення  $m_p$  в бік більшого цілого числа.

Резерв потужності апаратів визначається за формулою:

$$\delta_m = (m - m_p) \cdot 100 / m_p \quad (7.59)$$

Зазвичай  $\delta_m = 10\text{--}15\%$ .

Таблиця 7.1

Приблизний перелік елементів, з яких складається технологічний цикл

№з/п	Найменування виду роботи	Тривалість, год
1	Огляд апарата	0,10
2	Завантаження першого компонента	0,25
3	Нагрівання до $T_1$ К	1,00
4	Завантаження другого компонента	0,75
5	Нагрівання до $T_2$ К	1,25
6	Витримка при $T_3$ К	9,00
7	Охолодження до $T_4$ К	1,50
8	Евакуація реакційної маси	0,50
9	Промивка апарата	0,80
	<b>Разом:</b>	15,15

Число операцій, проведене на основній стадії протягом доби  $\alpha$ , рекомендується зберігати постійним на всіх стадіях виробництва. Це полегшує контроль за процесом та облік сировини, що витрачається, забезпечує безперервність переробки реакційних мас по всіх стадіях, спрощує технологічну схему (відпадає необхідність в проміжних ємностях для нагромадження продукту і в додаткових витратах праці на проміжне формування операцій). При одержанні на одній із стадій неякісного продукту виключається можливість змішування зіпсованої партії з іншими.

### 7.2.2.2 Розрахунок обладнання за іншими стадіями виробництва

За іншими стадіями виробництва визначається кількість апаратів  $m_p$  через  $\alpha$  і  $\beta$  (формула 7.58) з наступним округленням  $m_p$  в бік більшого цілого числа і, потім, ємність одного апарата за формулою:

$$V_p = V_d / (\alpha \cdot \varphi), \quad (7.60)$$

де  $V_p$  – розрахунковий об’єм апарата, л;

$V_d$  – знаходять за формулою (7.55).

Розрахункова ємність апарата округлюється вбік більшого найближчого об’єму за каталогом (табл. 7.2). Апарат з ємністю  $V_a$  приймається до встановлення.

Таблиця 7.2

Основні розміри реакційних апаратів з мішалками і з еліптичним днищем та кришкою. ГОСТ 20680-2002 \*

Номиналь ний об’єм, $m^3$	Внутрішній діаметр, мм		Висота циліндричної частини апарата, мм	Маса апарата , кг	Поверхня теплообміну, $m^2$	
	апара- та	оболон ки			змійо- вик	оболон ки
1,0	1000	–	815	845	2,3	–
1,0	1000	1100	1100	1040	–	2,9
2,0	1400	–	745	1185	3,3	–
2,0	1400	1500	745	1790	–	4,3
3,2	1600	–	950	1775	4,9	–
3,2	1600	1700	950	2705	–	6,2
5,0	1800	–	1245	2430	5,5	–
5,0	1800	1900	1245	4300	–	9,0
6,3	1800	–	1795	3210	5,5	–
6,3	1800	1900	1795	5205	–	12,1
10,0	2200	–	1820	4160	11,1	–
10,0	2200	2400	1820	7005	–	16,4
16,0	2400	–	2635	4995	10,7	–
16,0	2400	2600	2635	10490	–	24,4
25,0	2800	–	3060	7700	10,7	–
25,0	2800	3000	3060	16040	–	32,7
32,0	3000	–	3490	8700	11,5	–
32,0	3000	3200	3490	1950	–	39,3
50,0	3000	–	5090	13230	11,5	–
50,0	3000	3200	5090	31150	–	63,8

\* – вибір апарата необхідно проводити на підставі технологічних розрахунків за РТМ 26–01–90–76.

Розрахунок резерву потужності апаратів проводиться за формулою:

$$\delta = \delta \cdot m + \delta \cdot V \quad (7.61)$$

чи

$$\delta = (m - m_p) \cdot 100 / m_p + (V_a - V_p) \cdot 100 / V_p \quad (7.62)$$

Зазвичай резерв потужності ємнісного обладнання складає 10–15 %. Якщо резерв потужності регламентується завданням на проектування, то число апаратів визначається за формулою:

$$m = m_p (1 + 0,01 \cdot \delta), \quad (7.63)$$

де  $\delta$  – резерв потужності, %.

**Якщо задаються ємність реактора ( $V_a$ ) та маса речовин, які переробляються в апараті протягом операції ( $G_{оп}$ ), то методика розрахунку відрізняється від вищенаведеної. Спочатку визначають масу речовин, які переробляються на стадії протягом доби ( $G_d$ ):**

$$G_d = M_d \cdot G_T, \quad (7.64)$$

де  $G_T$  – маса речовин, що переробляються, в розрахунку на 1 *t* готового продукту, кг.

Потім знаходять  $\alpha$ :

$$\alpha = G_d / G_{оп} \quad (7.65)$$

Після визначення за формулою (7.57) кількості операцій, які необхідно провести на даній стадії протягом доби  $\beta$ , кількість апаратів, прийнятих до встановлення, знаходять за формулою (7.63).

### **7.2.2.3 Розрахунок допоміжної ємнісної апаратури в періодичних виробництвах**

#### **7.2.2.3.1 Розрахунок мірної апаратури**

Розрахунок мірної апаратури зводиться до визначення об'єму мірника:

$$V = V_o / \varphi, \quad (7.66)$$

де  $V_o$  – витрата сировини на одну операцію, л;

$\varphi$  – коефіцієнт заповнення,  $\varphi = 0,9$ .

Витрата сировини на одну операцію визначається за формулою:

$$V_o = (M_d \cdot V_T) / \alpha, \quad (7.67)$$

де  $V_T$  – об'єм сировини в розрахунку на 1 *t* готового продукту, л; береться з таблиці матеріального балансу відповідної стадії.

Розрахунковий об'єм мірника округлюється вбік більшого найближчого об'єму за каталогом.

Кількість мірної апаратури, як правило, не розраховується, а приймається відповідно до вимог виробництва і, в першу чергу, залежить від числа реакційних апаратів на відповідній стадії.

### 7.2.2.3.2 Розрахунок збірників, сховищ та іншої аналогічної апаратури

Розрахунок об'єму збірників і сховищ ( $л$ ) проводиться з врахуванням запасу потужності  $n = 1-3$  доби:

$$V = (M_d \cdot V_T \cdot n) / \varphi \quad (7.68)$$

Після проведення розрахунків за ДСТУ або ГОСТ підбирають стандартне обладнання.

### 7.2.2.3.3 Розрахунок процесів фільтрації, сушіння, подрібнення, диспергування в періодичних виробництвах

Апаратура процесів фільтрації, сушіння (крім барабанних сушарок, які розраховуються як ємнісне устаткування), подрібнення, диспергування та інших фізико-механічних процесів не розраховується, а підбирається за продуктивністю. Наприклад, необхідна поверхня фільтрації в проектованому виробництві розраховується, виходячи з промислових, дослідно-промислових даних, або з даних працюючого аналогічного виробництва:

$$F = G_o / (\tau \cdot g_n), \quad (7.69)$$

де  $\tau$ ,  $g_n$  – відповідно час фільтрації ( $год$ ) і питома продуктивність фільтра ( $кг/м^2 \cdot год$ ) в умовах існуючого виробництва;

$G_o$  – маса продукту з однієї операції проектованого виробництва ( $кг$ ), визначається як:

$$G_o = (M_d \cdot G_T) / \alpha, \quad (7.70)$$

де  $G_T$  – маса продукту на стадії в розрахунку на 1  $t$  готового продукту проектованого виробництва,  $кг$ .

Питома продуктивність фільтра діючого виробництва розраховується з використанням регламентних даних:

$$g_n = G_d / (F \cdot \tau), \quad (7.71)$$

де  $G_d$  – маса продукту з однієї операції діючого виробництва,  $кг$ ;

$F$  – поверхня фільтрації діючого фільтра,  $м^2$ ;

$\tau$  – час фільтрації на діючому фільтрі, год.

З врахуванням питомої продуктивності за каталогом підбирають необхідний фільтр.

### **7.2.3 Розрахунок ємнісного обладнання в безперервних виробництвах**

Методика розрахунку залежить від набору вихідних даних.

#### **7.2.3.1 Вихідні дані: об'єм речовин, що переробляється за секунду, $V_c$ , і тривалість перебування матеріалу в апараті, $\tau_c$**

Спочатку визначають робочий об'єм всієї апаратури:

$$V = V_c \cdot \tau_c \quad (7.72)$$

Далі за ДСТУ або ГОСТ приймається ємність одного апарата,  $V_a$ , і з врахуванням коефіцієнта заповнення  $\phi$  визначається розрахункова кількість апаратів:

$$m_p = V / (V_a \cdot \phi) \quad (7.73)$$

Визначену кількість апаратів ( $m_p$ ) округлюють в бік більшої цілої величини.

#### **7.2.3.2 Вихідні дані ті самі, що й в прикладі 7.2.3.1, але задано також швидкість руху речовин в апараті $\omega$ (м/с)**

В цьому випадку за об'ємом речовин, що переробляється за секунду,  $V_c$  (м<sup>3</sup>/с), визначають площу поперечного перетину апарата ( $f$ ):

$$f = V_c / \omega \quad (7.74)$$

За тривалістю перебування матеріалу в апараті та швидкості його руху знаходять довжину (висоту) апарата ( $L$ ):

$$L = \omega \cdot \tau_c \quad (7.75)$$

Якщо знайдена площа перетину апарата виявиться занадто великою, то встановлюють  $m$  апаратів, з'єднаних між собою паралельно. При цьому кожний з апаратів має довжину  $L$  та площу перетину  $f/m$ .

Якщо занадто великою виявиться довжина, то встановлюють  $m$  апаратів, з'єднаних послідовно. При цьому площа перетину апаратів дорівнює  $f$ , а довжина –  $L/m$ .

### 7.2.3.3 Вихідні дані ті самі, що й в прикладі 7.2.3.1, але заданий також режим руху в реакційній зоні апарата (критерій $Re$ )

Критерій  $Re$  знаходиться за формулою:

$$Re = \frac{4r_r \cdot \omega \cdot \rho}{\mu}, \quad (7.76)$$

де  $r_r$  – гідравлічний радіус апарата,  $m$ ;  
 $\omega$  – швидкість руху реакційної маси,  $m/c$ .  
 $\rho$  – густина реакційної маси,  $kg/m^3$ ;  
 $\mu$  – в'язкість реакційної маси,  $Pa \cdot c$ ;

Оскільки  $\omega = V_c / f$ ,  
де  $f$  – площа перетину,  $m^2$ , одержують:

$$Re = \frac{4 \cdot V_c \cdot \rho \cdot r_r}{f \cdot \mu} \cdot 10^5 \quad (7.77)$$

Звідси:

$$\frac{f}{r_r} = \frac{4 \cdot V_c \cdot \rho}{Re \cdot \mu} \cdot 10^5 \quad (7.78)$$

Для апаратів із внутрішнім діаметром  $d$  перетин має форму кола:

$$r_r = d/4; \quad f = (\pi \cdot d^2)/4$$

Відповідно:

$$f/r_r = \pi \cdot d \quad (7.79)$$

Спільне розв'язання рівнянь (7.78) та (7.79) дозволяє визначити діаметр апарата:

$$d = (4 V_c \cdot \rho) / (Re \cdot \mu \cdot \pi) \quad (7.80)$$

Якщо відомі діаметр і секундна витрата  $V_c$ , то легко знайти швидкість руху речовини ( $m/c$ ):

$$\omega = (4 V_c) / (\pi \cdot d^2) \quad (7.81)$$

Довжина реакційної зони апарата( $m$ ) визначається за формулою:

$$L = \omega \cdot \tau \quad (7.82)$$

## 7.2.4 Розрахунок каскаду реакторів

Для розрахунку каскаду реакторів використовують графо-аналітичні методи Левіна і Шабаліна-Крилова.

### 7.2.4.1 Метод Левіна

За методом Левіна процес попередньо відпрацьовується в дослідному апараті періодичної дії. За даними роботи апарата будується крива в координатах  $X-\tau$  (де  $X$  – концентрація речовини,  $\tau$  – тривалість роботи в год) (рис. 7.2), задається кінцева концентрація вихідної речовини  $X_k$  і визначається час процесу  $\tau$ ; задаються також величиною ККД або ступенем перетворення, зазвичай ККД  $\approx 0,8$ .

Після цього графічно диференціюють криву  $X-\tau$  і будують графік в координатах  $(dx/d\tau)-X$  (швидкість реакції – концентрація речовини) (рис. 7.3).

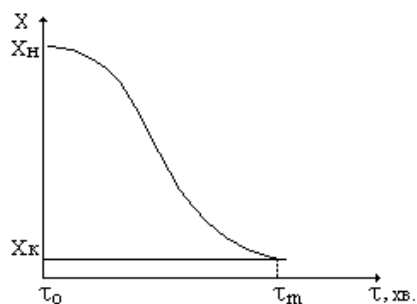


Рис. 7.2 Зміна концентрації вихідної речовини.

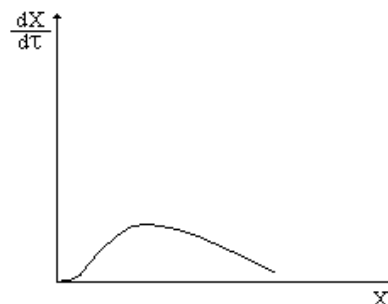


Рис. 7.3 Залежність швидкості реакції від концентрації реагента.

Кількість реакторів знаходиться із системи рівнянь:

$$\begin{aligned} X_{n-1} &= X_n + \frac{dX_n}{d\tau} \cdot \frac{\tau}{n} \\ X_{n-2} &= X_{n-1} + \frac{dX_{n-1}}{d\tau} \cdot \frac{\tau}{n} \\ X_{n-m} &= X_{n-(m-1)} + \frac{dX_{n-(m-1)}}{d\tau} \cdot \frac{\tau}{n} > X_n \end{aligned} \quad (7.83)$$

де  $n$  – число апаратів у каскаді.

Число рівнянь в системі дорівнює  $n$ . Концентрація повинна бути рівною або більшою за концентрацію вихідної речовини на вході в перший реактор.



### 7.2.4.2 Метод Шабаліна-Крилова

Цей метод ґрунтується на припущенні, що швидкості безперервного і періодичного процесів на окремих відрізках часу рівні.

Хід розрахунку наступний. Будується кінетична крива нагромадження кінцевого продукту (рис. 7.4), а далі – диференціальна крива в координатах  $(dX/d\tau) - X$  (рис. 7.5).

На кривій в координатах  $(dx/d\tau) - X$  береться точка А, якій відповідає визначена швидкість реакції і вихід  $X_A$ . Точку А з'єднують з початком координат і визначають  $\text{tg } \alpha$ .

Величина  $1/\text{tg } \alpha$  чисельно визначає середній час перебування реакційної маси в апараті, протягом якого досягається вихід  $X_A$  ( $\tau_A$ ).

Задаючись величиною  $\tau_A$ , визначають на кривій точки В, С, D, ..., N доти, поки вихід продукту  $X_B, X_C, X_D, \dots, X_N$  не стане рівним (чи більшим) від кінцевого виходу продукту.

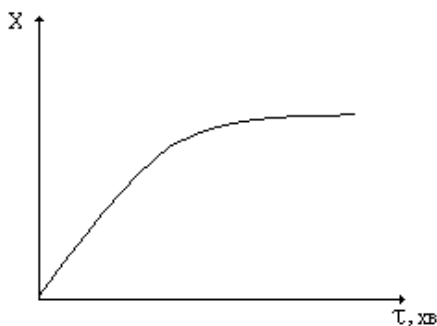


Рис. 7.4 Зміна концентрації кінцевого продукту в часі.



Рис. 7.5 Залежність швидкості реакції від концентрації кінцевого продукту.

Число апаратів в каскаді дорівнює числу точок на кривій (А, В, С, D, ..., N). Величини кутів  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_N$  можуть відрізнятися один від одного або бути рівними. На практиці час перебування реакційної маси в апаратах при рівності їхніх ємностей є однаковим, тобто величини кутів  $\alpha$  приймаються рівними.

**Результати розрахунків ємнісного обладнання зводяться в табл. 7.5, що має вигляд:**

Таблиця 7.5

Результати розрахунків ємнісного обладнання

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ємність апарата, $m^3$ (робоча поверхня, $m^2$ , продуктивність, $kg/c, l/c$ )	Діаметр апарата, (довжина, ширина), м	Висота апарата, м	ДСТУ або ГОСТ

## 7.3 Теплові розрахунки

### 7.3.1 Загальні відомості

Всі промислові фізико-хімічні процеси проводяться при строго визначених виробничим регламентом температурних умовах і в більшості випадків вимагають підведення або відведення тепла. Швидкість підведення або відведення тепла в багатьох випадках визначає тривалість процесу.

Основною метою теплових розрахунків є перевірка (або визначення) поверхні теплообміну або потужності електронагрівача для обраного апарата, а також визначення витрати енергії (вода, пара, електроенергія тощо), необхідної для проведення технологічного процесу.

При перевірці поверхні теплообміну обраного апарата порівнюють обчислену величину з дійсною. Обчислена поверхня теплообміну повинна бути меншою від дійсної. Якщо ж вона виявиться більшою, то, наприклад, у випадку апарата з оболонкою рекомендується всередині апарата додатково встановити змійовик, а у випадку апарата зі змійовиком – зробити перерахунок, наприклад, збільшивши швидкість руху теплоносія (холодоагента).

Тепловий розрахунок проводиться на основі теплового балансу. Для апаратів безперервної дії тепловий баланс складається на одиницю часу, а для апаратів періодичної дії – на одну операцію.

### 7.3.2 Складання теплового балансу

Тепловий баланс будь-якого процесу може бути описаний рівнянням, яке зв'язує надходження і витрати енергії в процесі. Тепловий баланс складається на основі закону збереження енергії, відповідно до якого в замкнутій системі сума всіх видів енергії постійна. Для хіміко-технологічних процесів рівняння теплового балансу має вигляд:

$$\Sigma Q_{\text{пр.}} = \Sigma Q_{\text{витр.}}, \quad (7.84)$$

де  $Q_{\text{на.}}$  – надходження тепла в апарат;

$Q_{\text{витр.}}$  – витрати тепла в апараті.

Рівняння теплового балансу фізико-хімічного процесу може бути показане в наступному вигляді:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (7.85)$$

де  $Q_1$  – тепло, внесене з речовинами, що переробляються,  $кДж$ ;

$Q_2$  – тепло, що віддається теплоносієм апаратові і перероблюваним речовинам або віднімається від них холодоагентом,  $кДж$ ;

$Q_3$  – тепловий ефект процесу,  $кДж$ ;

$Q_4$  – тепло, яке виноситься з апарата з продуктами реакції, *кДж*;

$Q_5$  – тепло, що витрачається на нагрівання окремих частин апарата або віднімається від них холодоагентом, *кДж* (при розрахунку безперервних процесів не враховується);

$Q_6$  – тепло, що втрачається апаратом в навколишнє середовище або отримується від нього, *кДж*.

Основна величина знаходиться з рівняння:

$$Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 - Q_1 \quad (7.86)$$

Якщо процес проходить з виділенням тепла, то в рівняння (7.86)  $Q_3$  підставляється зі знаком "мінус".

### 7.3.3 Послідовність розрахунків

В безперервних процесах після визначення  $Q_2$  перевіряють поверхню теплообміну і знаходять витрату теплоносіїв і холодоагентів.

Теплові розрахунки періодичних процесів мають свої особливості, які полягають в тому, що протягом технологічного циклу, як правило, спостерігається багаторазова зміна температурного режиму в апараті. У зв'язку з цим тепловий розрахунок періодичних процесів проводиться в наступному порядку: будується графік температурного режиму (рис. 7.6); для кожної зони складається тепловий баланс процесу і визначається кількість тепла, що підводиться або відводиться ( $Q_2$ ); для кожної зони знаходять теплову напругу  $g = Q_2/\tau$ ; для найбільш напруженої зони перевіряють поверхню теплообміну; розраховують витратні коефіцієнти за теплоносіями або холодоагентами на одиницю готової продукції. Інколи з метою економії часу при виконанні теплових розрахунків періодичних процесів на практиці будується в масштабі графік температурного режиму (рис. 7.6), і тепловий розрахунок виконують тільки для зони з максимальним кутом нахилу кривої, що характеризує зміну температури в часі, та для зон витримки реакційної маси при постійній температурі.

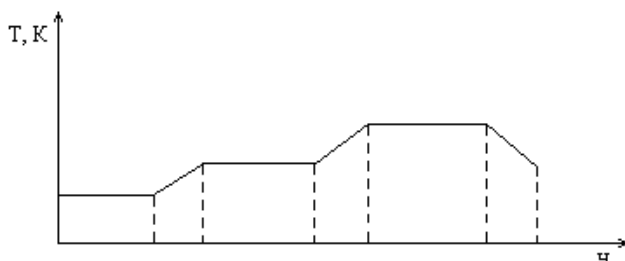


Рис. 7.6. Вид графіка температурного режиму в апараті

### Визначення $Q_1$ і $Q_4$

Кількість тепла, внесеного в апарат з речовинами, що переробляються, та відведеного з апарата з продуктами реакції, може бути визначене за відомим рівнянням:

$$Q_{1,4} = \Sigma G_i C_i (T - T_0) = G_1 C_1 (T - T_0) + G_2 C_2 (T - T_0) + \dots G_i C_i (T - T_0), \quad (7.87)$$

де  $G$  – маса речовини за даними матеріального балансу,  $кг$ , для безперервних процесів – це маса речовини за одиницю часу роботи апарата ( $год$ ); для періодичних – маса речовини в розрахунку на одну операцію,  $кг$ .

$T$  – температура речовини,  $K$ ; зазвичай задається технологічним регламентом;

$T_0$  –  $273 K$ ;

$C$  – питома теплоємність речовини,  $кДж/(кг \cdot K)$ ; значення питомих теплоємностей знаходять в довідниках, а при відсутності – обчислюють.

Для безперервних процесів  $G$  визначається за формулою:

$$G = M_{год} \cdot G_T, \quad (7.88)$$

де  $M_{год}$  – годинна продуктивність виробництва за готовим продуктом,  $т$ ;

$G_T$  – маса речовини в розрахунку на  $1 т$  готового продукту,  $кг$ . Береться з таблиці матеріального балансу стадії, за якою ведеться розрахунок.

Для періодичних процесів:

$$G = M_d \cdot G_T / \alpha, \quad (7.89)$$

де  $M_d$  – добова продуктивність виробництва за готовим продуктом,  $т$ ;

$\alpha$  – кількість операцій, які необхідно провести на даній стадії протягом доби.

Значення  $M_{год}$ ,  $M_d$  та  $\alpha$  беруться з даних розрахунків ємнісного обладнання.

Для визначення питомих теплоємностей твердих і рідких речовин користуються наступною формулою:

$$C = (\Sigma C_{ai} \cdot n_i) / M, \quad (7.90)$$

де  $C_{ai}$  – питома теплоємність елемента,  $кДж/(кг \cdot атом \cdot K)$  (табл.7.6);

$n_i$  – кількість однакових атомів в молекулі;

$M$  – молярна маса сполуки.

За формулою (7.90) визначається величина питомої теплоємності речовин при  $273 K$ . При інших, найчастіше більш високих температурах, теплоємність сполук відрізняється від обчисленої за цією формулою. Тому в розрахунках обчислене значення необхідно збільшувати на  $5-10 \%$ .

При відсутності експериментальних даних значення теплоємності розчинів, суспензій та емульсій ( $кДж/(кг \cdot K)$ ) можуть бути обчислені за формулою:

$$C = g_1 C_1 + g_2 C_2 + \dots g_i C_i, \quad (7.91)$$

де  $g_1, g_2$  – масові частки компонентів, % мас.;

$C_1, C_2$  – питомі теплоємності компонентів,  $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ .

Таблиця 7.6

Значення питомих теплоємностей елементів

Елемент	$C_a, \text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{атом}\cdot\text{K})$		Елемент	$C_a, \text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{атом}\cdot\text{K})$	
	$C_a$ (твердих)	$C_a$ (рідких)		$C_a$ (твердих)	$C_a$ (рідких)
Карбон	7,54	11,7	Силіцій	15,9	24,3
Гідроген	9,63	18,0	Флуор	20,9	29,3
Оксиген	16,8	25,1	Бор	11,3	19,7
Сульфур	22,6	31,0	Берилій	15,9	–
Фосфор	22,6	31,0	Інші елементи	26,0	33,5

При значному тепловому ефекті змішування (розчинення) розрахунок за цією формулою дає завищені результати.

Для попередніх розрахунків можна користуватися практичними даними, згідно з якими питома теплоємність більшості органічних сполук дорівнює  $1,6\text{--}1,7 \text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ , питома теплоємність більшості рідин знаходиться в межах  $1,7\div 2,5 \text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ . Виняток складають галогензаміщені карбонгідрогени ( $C=0,21\div 1,5 \text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ ), а також вода, аміак та деякі інші речовини, про теплоємність яких є довідкові дані (див. Довідник хіміка).

Питома теплоємність газів і парів приблизно може бути підрахована за їх молекулярним складом за допомогою наведених нижче формул.

Питома теплоємність при постійному об'ємі,  $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ :

$$C_v = (A \cdot R \cdot n + 0,5 A \cdot R) / M = (8,32n + 4,16) / M \quad (7.92)$$

Питома теплоємність при постійному тиску,  $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ :

$$C_p = (A \cdot R \cdot n + 1,5 A \cdot R) / M = (8,38n + 12,48) / M \quad (7.93)$$

де  $A \cdot R$  – добуток теплового еквівалента роботи на газову постійну, дорівнює  $8,38 \text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ ;

$n$  – кількість атомів в молекулі сполуки;

$M$  – молярна маса сполуки.

### Розрахунок теплового ефекту процесу $Q_3$

Тепловий ефект процесу  $Q_3$  – це є сумарна кількість тепла, що виділяється або поглинається в умовах перебігу хімічних реакцій та фізико-хімічних процесів (випаровування, плавлення, розчинення тощо), що їх супроводжують.

Тепловий ефект процесу визначається за наступною формулою:

$$Q_3 = Q_3^x + Q_3^\phi, \quad (7.94)$$

де  $Q_3^\phi$  – тепло, що виділяється або поглинається за рахунок проходження фізичних процесів (випаровування, плавлення, розчинення і т.п.), (кДж):

$$Q_3^\phi = \pm G \cdot \Delta H_{\text{п}}, \quad (7.95)$$

де  $G$  – маса речовини, що приймає участь у фізичному процесі, кг;

$\Delta H_{\text{п}}$  – тепловий ефект фізичного процесу, кДж/кг.

Теплоти фізичних процесів випаровування, плавлення, розчинення можуть бути визначені за довідниками фізико-хімічних величин або розраховані за формулами (7.105–7.108).

$Q_3^x$  – теплота, що виділяється або поглинається за умовами хімічної реакції, кДж:

$$Q_3^x = \pm(1000 \cdot G / M) \cdot \Delta H_{\text{р}}, \quad (7.96)$$

де  $\Delta H_{\text{р}}$  – тепловий ефект хімічної реакції, кДж/моль. Якщо реакція проходить з виділенням тепла, значення  $\Delta H_{\text{р}}$  записується зі знаком "мінус".

$G$  – маса речовини, що завантажується на одну операцію, кг. Зазвичай, це та речовина, котра реагує до кінця;

$M$  – молярна маса речовини, за якою проводиться розрахунок. Молярна маса високомолекулярної сполуки приводиться в промисловому регламенті, або обчислюється за відомими методиками, наприклад, виходячи з в'язкості:

$$\mu = K \cdot M^\alpha, \quad (7.97)$$

де  $\mu$  – в'язкість високомолекулярної сполуки;

$M$  – молярна маса високомолекулярної сполуки;

$K, \alpha$  – константи.

Відповідно до закону Гесса тепловий ефект хімічної реакції визначається з використанням:

– теплот утворення сполук, кДж/моль:

$$\Delta H_{\text{р}} = (\sum v_i \cdot \Delta H_{\text{i}}^\circ)_{\text{к}} - (\sum v_j \cdot \Delta H_{\text{j}}^\circ)_{\text{в}}, \quad (7.98)$$

де  $(\sum \Delta H_{\text{i}}^\circ)_{\text{к}}$  – сума теплот утворення сполук, отриманих за хімічною реакцією, кДж/моль;

$(\sum \Delta H_{\text{j}}^\circ)_{\text{в}}$  – сума теплот утворення вихідних сполук, кДж/моль;

$v_i, v_j$  – стехіометричні коефіцієнти відповідних сполук.

– теплот згоряння сполук, кДж/моль:

$$\Delta H_{\text{р}} = (\sum v_j \cdot \Delta H_{\text{j}}^\circ)_{\text{в}} - (\sum v_i \cdot \Delta H_{\text{i}}^\circ)_{\text{к}}, \quad (7.99)$$

де  $(\sum \Delta H_j^3)_B$  – сума теплот згоряння вихідних сполук, *кДж/моль*;

$(\sum \Delta H_i^3)_K$  – сума теплот згоряння сполук, отриманих за хімічною реакцією, *кДж/моль*.

– енергії зв'язків в молекулах реагуючих сполук, що знаходяться в газовому стані, *кДж/моль*; енергія зв'язку – це кількість енергії, яка необхідна для розриву цього зв'язку; при розрахунках таким способом вводять поправку на агрегатний стан речовин:

$$\Delta H_p = (\sum v_j \cdot \Delta H_j^{3B})_B - (\sum v_i \cdot \Delta H_i^{3B})_K, \quad (7.100)$$

де  $(\sum \Delta H_i^{3B})_K$  – сума енергій зв'язків сполук, отриманих під час хімічних перетворень, *кДж/моль*;

$(\sum \Delta H_j^{3B})_B$  – сума енергій зв'язків вихідних сполук, *кДж/моль*.

На практиці найчастіше використовують перший та третій методи розрахунку, оскільки теплоти утворення сполук, а також значення енергій зв'язків сполук можуть бути знайдені в довідниках.

При відсутності даних по теплоті утворення їх можна обчислити за різницею між теплотами згоряння елементів, що входять до складу сполук, і теплотою згоряння самої сполуки:

$$\Delta H^0 = -\sum n_i \cdot \Delta H_a^3 - \Delta H^3, \quad (7.101)$$

де  $\Delta H^0$  – питома теплота утворення сполуки, *кДж/моль*;

$n$  – кількість однакових атомів в молекулі;

$\Delta H_a^3$  – теплота згоряння одного грам-атома елемента, *кДж*;

$\Delta H^c$  – теплота згоряння сполуки, *кДж/моль*.

Теплоти згоряння одного грам-атома елемента  $\Delta H_a^3$  для органічних сполук, що містять атоми С, Н, Вr, Cl, F, I, N, О і S, наведені в табл. 7.7.

Таблиця 7.7

Теплота згоряння одного грам-атома елементів

Елемент	$\Delta H_a, \text{кДж}$	Елемент	$\Delta H_a, \text{кДж}$
Карбон	395,45	Нітроген	0 (65,41)
Гідроген	143,26	Оксиген	0
Бром	0 (23,67)	Флуор	173,47
Хлор	0 (22,08)	Сульфур	290,37 (582,8)
Йод	0		

Зазвичай продуктами згоряння органічних сполук є газоподібні  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{N}_2$  і  $\text{SO}_2$ , рідкі  $\text{H}_2\text{O}$  та  $\text{Br}_2$ , твердий  $\text{I}_2$  і  $\text{HF}$  у водному розчині. Значення  $\Delta H_a^c$  для продуктів згоряння  $\text{HBr}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , що отримані у вигляді водних розчинів, знаходяться в дужках.

При відсутності експериментальних даних про теплоти згоряння органічних сполук в газовому стані, вони можуть бути визначені за формулою Коновалова:

$$\Delta H^{\circ} = -(204,47n + 44,41m + X), \quad (7.102)$$

де  $n$  – кількість атомів кисню, необхідна для повного згоряння сполуки;

$m$  – кількість моль води, що утворюється;

$X$  – термодинамічна характеристика, постійна в межах гомологічного ряду, *кДж/моль* (табл. 7.8).

Таблиця 7.8

Значення термодинамічної характеристики  $X$

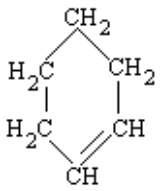
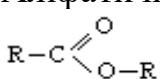
Сполуки	Характерна група	$X$ , <i>кДж/моль</i>	Сполуки	Характерна група	$X$ , <i>кДж/моль</i>
Насичені вуглеводні	C–C	0,0	Одноосновні кислоти	R–COOH	0,0
Етиленові вуглеводні	C=C	88,0	Двоосновні кислоти	$\begin{array}{c} \text{HOOC} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{HOOC} \end{array} \text{R}$	13,0
Ацетиленові вуглеводні	C≡C	214,0	Кетони	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagup \\ \text{R} \end{array}$	50,0
Алкілбензоли		100,0	Етери	R–O–R	88,0
Спирти	R–OH	50,0	Альдегіди	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$	75,0

Таблиця 7.9

Числові значення теплових поправок

Характер груп, замісників, зв'язків	$\Delta$ , <i>кДж/моль</i>	Примітка
Зв'язок між ароматичними та аліфатичними радикалами Ar–R	+14,6	При згорянні атомів карбону, один з яких належить до ароматичного радикалу, а другий – до аліфатичного, будуть переміщатися всі електрони, які належать до цих атомів; $p^* = 0$ .
Зв'язок між ароматичними радикалами Ar–Ar	+27,2	При згорянні атомів карбону, які входять в різні ароматичні ядра, будуть переміщатися всі електрони, що належать до цих атомів. Число теплових поправок у випадку горіння сполук, які містять конденсовані ядра ароматичних вуглеводнів, дорівнює числу «спайок» ядер.



Характер груп, замісників, зв'язків	$\Delta$ , кДж/моль	Примітка
Етиленовий зв'язок в цис-сполуках $>C=C<$	-69,0	-
Етиленовий зв'язок в транс-сполуках $>C=C<$	-54,4	-
Зв'язок між ароматичним радикалом і вільним $Ar-CH=CH_2$ або ацетильним $Ar-C\equiv CH$ радикалами	+27,2	-
Подвійний зв'язок в неароматичному циклі	-27,2	-
		
Потрійний зв'язок $-C\equiv CH$	-192,9	-
Потрійний зв'язок $-C\equiv C-$	-138,5	-
Первинний спирт $R-OH$	-54,4	При згорянні атома карбону, зв'язаного з гідроксильною групою, переміщуються тільки три електрони. Не переміщується електрон, що приймає участь в утворенні зв'язку між карбоном і киснем, а також електрон гідрогену, що міститься в гідроксильній групі; $p = 2$ .
Вторинний спирт $R_2-CHOH$	-27,2	Те ж саме
Третинний спирт $R_3-C-OH$	-14,6	Те ж саме
Фенол $Ar-OH$	-14,6	Те ж саме
Етери $Ar(R)-O-Ar(R)$	-81,6	Як і в спиртах, при згорянні атомів карбону, зв'язаного з киснем, переміщуються три електрони; $p = 2$ .
Аліфатичні естери 	-69,0	$p = 4$

Характер груп, замісників, зв'язків	$\Delta$ , кДж/моль	Примітка
Альдегід (Ar)R–CHO	–54,4	В атомі карбону альдегідної групи і кетогрупи при згорянні переміщуються 2 електрони; $p = 2$ .
Кетон (Ar)R–CO–(Ar)R	–27,2	Те ж саме
Кетокислота R–CO–COOH	–54,4	Теплову поправку вводять, якщо $R-C(=O)-$ зв'язана з групою COOH, в інших випадках тепла поправка на групу COOH не вимагається. При згорянні карбону карбоксильної групи переміщується тільки один електрон, тому що інші вже витрачені на утворення зв'язку між карбоном і киснем.
Гідроксикислота R–COH–COOH	–27,2	Теплову поправку вводять, якщо група $>C(OH)-$ зв'язана з групою –COOH. Все сказане про кетокислоти справедливо і для гідроксикислот.
Дикетон R–CO–CO–R	–54,5	Теплову поправку вводять, якщо група $R-C(=O)-$ зв'язана з такою ж самою групою; крім того, вводять дві поправки на кето-групу.
Ангідрид карбонової кислоти	–41,8	–
Хлорангідрид карбонової кислоти	–21,0	–
Первинні аліфатичні аміни R–NH <sub>2</sub>	–54,4	При згорянні атома карбону, зв'язаного з аміногрупою, переміщуються всі електрони. При підрахунку числа електронів, що переміщуються, враховують також наявність електронів в атомі гідрогену, зв'язаному безпосередньо з атомом нітрогену.
Вторинні аліфатичні аміни R–NH–R	–81,7	Те ж саме
Третинні аліфатичні аміни R <sub>3</sub> N	–108,8	Те ж саме
Первинні ароматичні аміни Ar–NH <sub>2</sub>	–27,2	Те ж саме

Характер груп, замісників, зв'язків	$\Delta$ , кДж/моль	Примітка
Вторинні ароматичні аміни Ar–NH–Ar	–54,4	Те ж саме
Третинні ароматичні аміни Ar <sub>3</sub> N	–81,6	Жирноароматичні третинні аміни розглядаються як третинні ароматичні.
Зв'язок між ароматичним радикалом і нітрогеном в амінах	+14,6	Крім поправки на відповідну аміногрупу вводять теплові поправки на кожний зв'язок між ароматичним радикалом і нітрогеном.
Заміщені амідні і гідрозогрупа	+27,2	–
Ацильовані ароматичні аміни Ar–NH–COCH <sub>3</sub>	+14,6	–
Ароматичні нітрили Ar–C≡N	+27,2	Вводиться дві поправки: на зв'язок між атомом карбону і групою C≡N і на власне нітрильну групу.
Зв'язок між атомом карбону і нітрильною групою –C≡N	–69,0	В атомі карбону, зв'язаного з нітрогеном в нітрильній групі, при згорянні переміщуються всі електрони.
Аліфатичні ізонітрили R–N=C	–138,5	–
Нітрогрупа –NO <sub>2</sub>	–54,4	При згорянні атома карбону, зв'язаного з нітрогрупою, переміщуються не всі електрони, а на один електрон менше. Цей електрон залишається при атомі нітрогену нітрогрупи, який відновлюється в процесі горіння; $p = 1$ .
Сульфогрупа в ароматичних сполуках	+98,0	Сказане про нітрогрупу справедливе і для сульфогрупи.
Хлор в ароматичних сполуках	–27,2	При згорянні атома карбону, зв'язаного з галогеном, переміщуються не всі електрони, а на один менше; $p = 1$ .
Хлор в аліфатичних сполуках	–54,5	Те ж саме
Бром в ароматичних сполуках	–54,5	Те ж саме
Бром в аліфатичних сполуках	–54,5	Те ж саме

Характер груп, замісників, зв'язків	$\Delta$ , кДж/моль	Примітка
Йод в аліфатичних сполуках	-168,2	Те ж саме
Йод в ароматичних сполуках	-168,2	Те ж саме
Азогрупа	-84,9	–
Діазогрупа	-175,6	–
Лактон $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO} \\ \quad \quad \quad   \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$	-54,4	–
Хіноїдне ядро	-138,5	–
Циклопропанове або циклобутанове кільце в карбонових кислотах	-54,4	–

\*  $-p$  – число електронів, що не переміщуються.

Теплоти згоряння  $\Delta H^c$  (кДж/моль) рідких органічних сполук можуть бути визначені за формулою Караша:

$$\Delta H^3 = -109,15n + \Sigma \Delta \zeta, \quad (7.103)$$

де  $n = C \cdot 4 + C \cdot 3 + C \cdot 2 + C \cdot 1 + H \cdot 1$ ;

$n$  – кількість електронів, що переміщуються;

$C$  – кількість атомів карбону, в яких за даною реакцією переміщуються в бік гетероатома відповідно 4, 3, 2 та 1 електрон;

$H$  – кількість атомів водню, в яких переміщується електрон;

$\Delta$  – теплова поправка, що відповідає замісникові (табл. 7.9);

$\zeta$  – кількість однакових замісників.

Даний метод розрахунку теплоти згоряння сполуки оснований на припущенні, що теплота згоряння є функцією числа електронів, які переміщуються від речовини до кисню.

За формулою (7.103) визначають теплоту згоряння органічних сполук в рідкому стані. Для визначення теплоти згоряння органічних сполук в іншому агрегатному стані, необхідно внести поправки на теплоту плавлення, випаровування (пароутворення) або розчинення. З врахуванням поправки на агрегатний стан  $\Delta H_a$  теплота згоряння сполуки  $\Delta H^3$  дорівнює:

$$\Delta H^3 = -109,15n + \Sigma \Delta \zeta + \Delta H_a, \quad (7.104)$$

де  $\Delta H_a$  – поправка на агрегатний стан, кДж/моль.

Формули теплових поправок на агрегатний стан наведено в табл. 7.10.

Таблиця 7.10

## Теплові поправки на агрегатний стан речовини

Вихідна речовина	Для продуктів, які отримують		
	Газ (пара)	Рідина	Тверда речовина
Газ (пара)	0	+ $\Delta H_{пл}^{вих}$	+ $\Delta H_{пл}^к + \Delta H_{пар}^{вих}$
Рідина	- $\Delta H_{пар}^к$	0	+ $\Delta H_{пл}^п$
Тверда речовина	- $\Delta H_{пар}^к - \Delta H_{пл}^{вих}$	- $\Delta H_{пл}^{вих}$	0

Примітка:  $\Delta H_{пар}$  – теплота пароутворення, *кДж/моль*;

$\Delta H_{пл}$  – теплота плавлення, *кДж/моль*.

Верхній індекс "к" відноситься до продукту, який отримують; верхній індекс "вих." – до вихідної речовини.

Фізичні теплоти випаровування, плавлення чи розчинення можуть бути знайдені за довідниками або визначені за нижче наведеними формулами.

Теплоту випаровування (*кДж/моль*) можна визначити за формулою Трутона:

$$\Delta H_{пар} = k \cdot T_k \cdot 10^{-3}, \quad (7.105)$$

де  $k$  – стала величина. Для більшості сполук  $k = 84 \div 92$ ;

$T_k$  – температура кипіння сполуки, К.

Для визначення теплоти плавлення (*кДж/моль*) може бути використана формула:

$$\Delta H_{пл} = k \cdot T_{пл} \cdot 10^{-3}, \quad (7.106)$$

де  $k$  – постійна величина, яка дорівнює  $8 \div 12$  для елементів,  $20 \div 28$  – для неорганічних сполук,  $42 \pm 12$  – для органічних сполук;

$T_{пл}$  – температура плавлення, К.

Якщо в процесі частина рідких речовин випаровується, кількість тепла, що витрачається на компенсацію теплових втрат, варто збільшити на складову  $\Delta H_{вип}$  (*кДж/моль*), яка враховує витрату тепла на випаровування:

$$\Delta H_{вип} = 89,3 \cdot T_{кип} \cdot 10^{-3}, \quad (7.107)$$

де  $T_{кип}$  – температура кипіння, К.

Теплота розчинення (*кДж/моль*) твердих речовин визначається за рівнянням:

$$H_{роз} = [19,17 \cdot (T_1 - T_2) \cdot \lg(C_1/C_2) \cdot 0,001] / (T_1 - T_2), \quad (7.108)$$

де  $C_1$  – розчинність речовин при температурі  $T_1, K$ ;

$C_2$  – розчинність речовин при температурі  $T_2, K$ .

Обчислене або знайдене за довідниками значення теплового ефекту реакції  $Q_3^x$  підставляють у формулу (7.94).

На закінчення необхідно відзначити, що  $Q_3$  розраховується у випадку хімічної реакції або при наявності будь-якого фізико-хімічного ефекту. Як правило, хімічна реакція починається вже в зоні підігріву. Тому у випадку періодичних процесів необхідно в кожній зоні враховувати частку теплового ефекту, що відноситься до цієї зони.

### **Розрахунок тепла, що витрачається на нагрівання окремих частин апарата**

Спочатку визначають тепло, що витрачається на нагрівання апарата, (*кДж*):

$$Q_5^a = G_a \cdot C_a \cdot (T_k - T_n), \quad (7.109)$$

де  $G_a$  – маса апарата, кг;

$C_a$  – питома теплоємність сталі, *кДж/(кг·K)*;

$T_k$  – кінцева температура в апараті, *K*;

$T_n$  – початкова температура в апараті, *K*.

Далі визначають тепло, що витрачається на нагрівання ізоляції, (*кДж*):

$$Q_5^{i3} = G_{i3} \cdot C_{i3} \cdot (T'_k - T'_n), \quad (7.110)$$

де  $G_{i3}$  – маса ізоляції, кг;

$C_{i3}$  – питома теплоємність ізоляції, *кДж/(кг·K)*;

$T'_k$  – середня кінцева температура ізоляції, *K*;

$T'_n$  – середня початкова температура ізоляції, *K*.

Маса ізоляції (*кг*) визначається за формулою:

$$G_{i3} = F \cdot \delta \cdot \gamma, \quad (7.111)$$

де  $F$  – поверхня ізоляції,  $m^2$ ; при температурі в апараті до  $373 K$  ізолюється тільки його бічна поверхня, а при більш високих температурах – вся поверхня апарата;

$\delta$  – товщина ізоляції, *м*;

$\gamma$  – густина ізоляції; для совеліту –  $450 \text{ кг}/m^3$ .

Товщина ізоляції (*м*) може бути знайдена за формулою:

$$\delta = \lambda \cdot (T_{1i3} - T_{2i3}) / \alpha \cdot (T_{2i3} - T_n), \quad (7.112)$$

де  $\lambda$  – теплопровідність ізоляції, *Вт/(м·K)*;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі,  $Bm/(m^2 \cdot K)$ ; визначається за формулою Лінчевського:

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot (T_{2iz} - T_{пов}), \quad (7.113)$$

де  $T_{1iz}$  – температура внутрішньої стінки ізоляції, приймається рівною температурі теплоносія (якщо ізоляція покриває оболонку) або рівною температурі реакційної маси (якщо оболонка відсутня); температура неізольованої кришки апарата приймається рівною  $313 \div 323 K$ ;

$T_{2iz}$  – температура зовнішньої стінки ізоляції, приймається рівною  $303 K$ ;

$T_{пов}$  – температура навколишнього середовища, приймається рівною  $293 K$ .

Середня кінцева температура ізоляції визначається за формулою:

$$T'_k = (T_k + T_{2iz}) / 2, \quad (7.114)$$

де  $T_k$  – кінцева температура в апараті або оболонці (змійовику),  $K$ ;

$T_{2iz}$  – температура зовнішньої стінки ізоляції,  $K$ .  $T_{2iz} = 303 K$ ;

Середня температура ізоляції на початку нагрівання визначається за формулою:

$$T'_k = (T_{пиз} + T_{п}) / 2, \quad (7.115)$$

де  $T_{пиз}$  – початкова температура в апараті або оболонці (змійовику),  $K$ ;

$T_{пов}$  – температура навколишнього середовища;  $T_{пов} = 293 K$ .

Загальна кількість тепла, котре витрачається на нагрівання апарата та ізоляції, дорівнює:

$$Q_5 = Q_5^a + Q_5^{iz}, \quad (7.116)$$

### **Розрахунок теплових втрат в навколишнє середовище $Q_6$**

Якщо апарат ізольовано повністю, то теплові втрати ( $кДж$ ) визначаються за формулою:

$$Q_6 = \alpha \cdot F_{iz} \cdot \tau \cdot (T_{2iz} - T_{пов}) \cdot 10^{-3}, \quad (7.117)$$

де  $\tau$  – тривалість зони,  $с$ ;

$T_{2iz}$  – температура зовнішньої стінки ізоляції;  $T_{2iz} = 303 K$ ;

$T_{пов}$  – температура навколишнього середовища;  $T_{пов} = 293 K$ ;

$F_{iz}$  – поверхня ізоляції,  $m^2$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі,  $Bm/(m^2 \cdot K)$ , визначається за формулою (7.113).

Якщо апарат ізольовано частково, то теплові втрати визначають окремо для ізольованої та неізольованої поверхонь. Загальні теплові втрати ( $кДж$ ) визначають за формулою:

$$Q_6 = Q_6^1 + Q_6^2, \quad (7.118)$$

де  $Q_6^1$  – теплові втрати через ізольовану поверхню, *кДж*;  
 $Q_6^2$  – теплові втрати через неізольовану поверхню, *кДж*.

### 7.3.4 Перевірка (розрахунок) поверхні теплообміну апарата

Метою розрахунку є перевірка або визначення поверхні теплообміну, а при відомій поверхні теплообміну встановлення часу нагрівання або охолодження.

Розрахунок проводиться за відомим рівнянням теплопередачі:

$$Q_2 = K \cdot F \cdot \Delta T_{\text{сер}} \cdot \tau, \quad (7.119)$$

де  $Q_2$  – кількість тепла, яке необхідно підвести або відвести протягом процесу, *Дж*;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі, *Вт/(м<sup>2</sup>·К)*;

$F$  – поверхня теплообміну, *м<sup>2</sup>*;

$\Delta T_{\text{сер}}$  – середня різниця температур, *К*;

$\tau$  – час проведення процесу, *с*.

#### 7.3.4.1 Визначення коефіцієнта теплопередачі

Коефіцієнт теплопередачі визначається за рівнянням:

$$K = \frac{1}{1/\alpha_1 + 1/\alpha_2 + \sum \delta_i/\lambda_i + r_3}, \quad (7.120)$$

де  $\delta_i$  – товщина стінки апарата, *м*; зазвичай дорівнює товщині стінки апарата плюс товщина захисних шарів (емаль, футеровка):

$$\delta_i = \delta_{\text{ст}} + \delta_{\text{з.ш.}} \quad (7.121)$$

$\lambda_i$  – коефіцієнти теплопровідності окремих шарів, з яких складається стінка апарата, *Вт/(м·К)*; (стінки апарата плюс захисні шари):

$$\lambda_i = \lambda_{\text{ст}} + \lambda_{\text{з.ш.}} \quad (7.122)$$

$r_3$  – термічний опір забруднення, *м<sup>2</sup>·К/Вт*;

$\alpha_1$  – коефіцієнт тепловіддачі від гріючого агента до стінки, *Вт/(м<sup>2</sup>·К)*;

$\alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до рідини, що нагрівається, *Вт/(м<sup>2</sup>·К)*.



## 7.3.4.2 Визначення коефіцієнтів тепловіддачі для випадку обігріву рідкими теплоносіями

### 7.3.4.2.1 Теплопередача апарата з оболонкою

$$\text{При } Re < 5 \cdot 10^5: \quad \left( Re = \frac{\omega_p \cdot H \cdot \rho_p}{\mu_p} \right)$$

$$\alpha_1 = 0,76 \cdot \frac{\lambda_p}{H} \cdot \left( \frac{\omega_p \cdot H \cdot \rho_p}{\mu_p} \right)^{0,5} \cdot \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,43} \quad (7.123)$$

$$\text{При } Re > 5 \cdot 10^5:$$

$$\alpha_1 = 0,037 \cdot \frac{\lambda_p}{H} \cdot \left( \frac{\omega_p \cdot H \cdot \rho_p}{\mu_p} \right)^{0,5} \cdot \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,43}, \quad (7.124)$$

де  $H$  – висота оболонки,  $m$ ;

$\lambda_p$  – коефіцієнт теплопровідності гріючої рідини,  $Вт/(м \cdot К)$ . При відсутності експериментальних даних коефіцієнт теплопровідності рідин розраховується;

$\rho_p$  – густина рідини,  $кг/м^3$ ;

$C_p$  – питома теплоємність рідини,  $Дж/(кг \cdot К)$ ;

$\mu_p$  – динамічний коефіцієнт в'язкості,  $Па \cdot с$ ; при відсутності експериментальних даних динамічний коефіцієнт в'язкості органічних рідин, їхніх сумішей і суспензій розраховується;

$\omega_p$  – швидкість руху рідини,  $м/с$ ; визначається за формулою:

$$\omega_p = \frac{4 \cdot g \cdot \varepsilon}{\rho \cdot C \cdot \pi \cdot (T_n - T_k) \cdot (D_p^2 - D_a^2)}, \quad (7.125)$$

де  $g$  – питома теплове навантаження в зоні,  $Вт$ ;

$\varepsilon$  – коефіцієнт вільної конвекції;  $\varepsilon = 5 \div 12$ ;

$T_n, T_k$  – відповідно початкова і кінцева температура гріючої рідини,  $К$ ;

$D_p, D_a$  – відповідно діаметр оболонки апарата,  $м$ ;

$C$  – питома теплоємність гріючої рідини,  $Дж/(кг \cdot К)$ ;

$\rho$  – густина гріючої рідини,  $кг/м^3$ .

Значення фізичних констант беруть при початковій температурі рідини.

В апараті з оболонкою і мішалкою:

$$\alpha_2 = C \cdot \frac{\lambda_p}{D_a} \cdot \left( \frac{\rho_p \cdot n \cdot d_p^2}{\mu_p} \right)^m \cdot \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,33}, \quad (7.126)$$

де  $C$  і  $m$  – коефіцієнти;

$\lambda_p$  – коефіцієнт теплопровідності реакційної маси,  $Вт/(м \cdot К)$ ;

$n$  – число оборотів мішалки,  $1/с$ ;

$d_m$  – діаметр мішалки,  $м$ ;

$C_p$  – питома теплоємність реакційної маси при постійному тиску,  $Дж/(кг \cdot К)$ ;

$\mu_p$  – в'язкість реакційної маси,  $Па \cdot с$ ;

$\rho_p$  – густина реакційної маси,  $кг/м^3$ .

Значення фізичних констант беруть при середній температурі реакційної маси.

Повертаючись до визначення  $\alpha_1$  за формулами (7.123, 7.124) необхідно зазначити, що при малій швидкості теплоносія в оболонці (розрахованій за формулою (7.125)), необхідно перевіряти критерій Грасгофа  $Gr$  згідно з рівнянням (7.127), оскільки при розрахунку  $\alpha_1$  слід враховувати вплив вільної конвекції:

$$Gr \ll 0,3 (Re)^2 \quad (7.127)$$

Критерій Рейнольдса  $Re$  визначається за формулою:

$$Re = \frac{\omega_p \cdot d_{екв} \cdot \rho}{\mu_p}, \quad (7.128)$$

де  $d_{екв}$  – еквівалентний діаметр кільцевого простору,  $м$ ;

$\mu_p$  – динамічний коефіцієнт в'язкості гріючої рідини, при середній температурі,  $Па \cdot с$ .

Еквівалентний діаметр кільцевого простору  $d_{екв}$  ( $м$ ) розраховується за формулою:

$$d_{екв} = D_o - D_a, \quad (7.129)$$

де  $D_o$  – діаметр оболонки апарата,  $м$ ;

$D_a$  – діаметр апарата,  $м$ .

Критерій Грасгофа  $Gr$  визначається за формулою:

$$Gr = g \cdot H^3 \cdot \frac{\rho^2}{\mu_p} \cdot \beta \cdot \Delta T_{сер}, \quad (7.130)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння;  $g = 9,8 м/с^2$ ;

$H$  – висота оболонки,  $м$ .

$\rho$  – густина гріючої рідини,  $кг/м^3$ .

$\mu_p$  – динамічний коефіцієнт в'язкості гріючої рідини при середній температурі рідини  $Па \cdot с$ ;

$\beta$  – коефіцієнт об'ємного розширення гріючої рідини при середній температурі стінки апарата,  $K$ ;

$\Delta T_{\text{сер}}$  – середня температура стінки апарата,  $K$ .

Середню температуру стінки  $\Delta T_{\text{сер}}$  визначають за формулою:

$$\Delta T_{\text{сер}} = \frac{T_p^n - T_p^k}{2} - \frac{T_{\text{ст}}^n - T_{\text{ст}}^k}{2}, \quad (7.131)$$

де  $T_p^n, T_p^k$  – початкова і кінцева температура гріючої рідини,  $K$ ;

$T_{\text{ст}}^n, T_{\text{ст}}^k$  – початкова і кінцева температура стінки апарата,  $K$ .

Коефіцієнт об'ємного розширення знаходиться в довідковій літературі. За умов, коли  $Gr \gg 0,3Re^2$ , величиною вільної конвекції нехтувати не можна і тому  $\alpha_1$  в цьому випадку визначається за формулою:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda_p}{H}, \quad (7.132)$$

де  $Nu$  – критерій Нусельта;

$\lambda_p$  – коефіцієнт теплопровідності гріючої рідини при середній температурі в оболонці,  $Вт/(м \cdot K)$ ;

$H$  – висота оболонки,  $м$ ;

Критерій Нусельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^f, \quad (7.133)$$

де  $C$  і  $f$  – коефіцієнти, що залежать від добутку  $Gr \cdot Pr$

$Pr$  – критерій Прандтля при середній температурі стінки.

Для визначення критерію Прандтля використовується формула:

$$Pr = \mu_p \cdot C_p / \lambda_p, \quad (7.134)$$

де  $\mu_p, C_p, \lambda_p$  – фізичні властивості гріючої рідини, взяті при середній температурі в оболонці.

#### 7.3.4.2.2 Теплопередача в апараті зі змійовиком

Як правило, при обігріві рідкими теплоносіями, що рухаються в прямих трубах, спостерігається стаціонарний турбулентний режим ( $Re > 5 \cdot 10^5$ ). Для цього випадку при  $L : d > 50$  ( $L$  – довжина труби;  $d$  – внутрішній діаметр труби):

$$\alpha_1 = 0,021 \cdot \frac{\lambda_p}{d_e} \cdot \left( \frac{\omega_p \cdot d_e \cdot \rho_p}{\mu_p} \right)^{0,8} \cdot \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,43} \quad (7.135)$$

де  $\lambda_p$  – коефіцієнт теплопровідності рідини,  $Вт/(м·К)$ ;  
 $\omega_p$  – швидкість руху рідини,  $м/с$ ; приймається  $0,3 \div 0,8$   $м/с$ ;  
 $\rho_p$  – густина рідини,  $кг/м^3$ ;  
 $C_p$  – теплоємність рідини при постійному тиску,  $Дж/(кг·К)$ ;  
 $\mu_p$  – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини,  $Па·с$ ;  
 $d_e$  – еквівалентний діаметр труби,  $м$ :

$$d_e = 4 \cdot f / \Pi, \quad (7.136)$$

де  $f$  – площа живого перетину потоку,  $м^2$ ;  
 $\Pi$  – повний (змочений) периметр,  $м$ ;

Для труб круглого перетину  $d_e = d_{\text{труби}}$ .

Для зміювиків отримане значення  $\alpha_1$  (для прямої труби) множать на коефіцієнт  $X$ , що враховує відносну кривизну зміювика:

$$X = 1 + 3,54 \cdot (d/D), \quad (7.137)$$

де  $d$  – внутрішній діаметр труби зміювика,  $м$ ;  
 $D$  – діаметр витка зміювика,  $м$ .

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки зміювика до реакційної маси визначається за формулою:

$$\alpha_2 = C \cdot \frac{\lambda_p}{D_a} \cdot \left( \frac{\rho_p \cdot n \cdot d_m^2}{\mu_p} \right)^m \cdot \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,33} \quad (7.138)$$

Позначення фізичних величин – як в рівнянні (7.126); значення коефіцієнтів див. в табл.7.21.

### 7.3.4.3 Визначення коефіцієнтів тепловіддачі при нагріванні парою

#### 7.3.4.3.1 Тепловіддача в апараті з оболонкою:

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot A \cdot (r/H \cdot \Delta T)^{0,25}, \quad (7.139)$$

де  $A$  – коефіцієнт, що залежить від температури плівки конденсату, знаходиться за довідниками;

$r$  – теплота конденсації пари,  $Дж/кг$ ;

$H$  – висота оболонки,  $м$ ;

$\Delta T = T_{\text{конд}} - T_{\text{ст}} \cong 8$ .

$$\alpha_2 = C \frac{\lambda_p}{D_a} \left( \frac{\rho_p \cdot n \cdot d_m^2}{\mu_p} \right)^m \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,33} \quad (7.140)$$

Позначення фізичних величин, їх розмірність і умови, за яких вони беруться – див. рівняння (7.126); значення  $C$  і  $m$  – див. в таблиці (7.21).

### 7.3.4.3.2 Теплопередача в апараті зі змійовиком

В даний час відсутні достатньо обґрунтовані формули для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі при конденсації пари всередині труби змійовика ( $\alpha^B_1$ ). В цьому випадку його значення дещо нижче, ніж при конденсації пари на зовнішній поверхні труби змійовика ( $\alpha^3_1$ ).

Для приблизних розрахунків  $\alpha^B_1$  рекомендується спочатку розрахувати  $\alpha^3_1$  для зовнішньої поверхні труби змійовика і отримане значення помножити на коефіцієнт  $< 1$ .

Наприклад,  $\alpha^3_1$  при конденсації водяної пари на зовнішній поверхні змійовика дорівнює  $5000\text{--}10000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Враховуючи, що вплив  $\alpha_1$  на  $K$  є невеликий, приймається його нижнє значення  $5000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  і вводиться поправочний коефіцієнт  $0,6$ . Звідси:  $\alpha^B_1 = 5000 \cdot 0,6 = 3000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

В загальному випадку при конденсації пари на зовнішній поверхні труби змійовика  $\alpha^3_1$  знаходиться за формулою:

$$\alpha^3_1 = 1,28 \cdot A \cdot (r/d \cdot \Delta T)^{0,25}, \quad (7.141)$$

де  $r$  – теплота конденсації,  $\text{Дж}/\text{кг}$ ;

$d$  – зовнішній діаметр труби,  $\text{м}$ ;

$\Delta T$  – різниця температури конденсації пари і температури внутрішньої поверхні стінки змійовика;  $\Delta T \cong 8$ ;

$A$  – коефіцієнт, що залежить від температури плівки конденсату.

Тоді:

$$\alpha_1^B = 0,6 \cdot \alpha^3_1 \quad (7.142)$$

Для визначення  $\alpha_2$  використовують формулу (6.140).

### 7.3.4.3.3 Визначення коефіцієнтів тепловіддачі при охолодженні рідкими теплоносіями (водою)

#### 7.3.4.3.3.1 Охолодження в апараті з оболонкою:

$$\alpha_1 = C \frac{\lambda_p}{D_a} \left( \frac{\rho_p \cdot n \cdot d_m^2}{\mu_p} \right)^m \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,33} \quad (7.143)$$

При  $Re < 5 \cdot 10^5$ :

$$\alpha_2 = 0,76 \frac{\lambda_p}{H} \left( \frac{\omega_p \cdot H \cdot \rho_p}{\mu_p} \right)^{0,5} \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,43} \quad (7.144)$$

При  $Re > 5 \cdot 10^5$ :

$$\alpha_2 = 0,037 \frac{\lambda_p}{H} \left( \frac{\omega_p \cdot H \cdot \rho_p}{\mu_p} \right)^{0,5} \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,43} \quad (7.145)$$

Позначення фізичних величин, їх розмірність та умови, при яких вони беруться, для (7.143) – див. рівняння (7.126); для (7.144) та (7.145) – рівняння (7.124); значення коефіцієнтів  $C$  та  $m$  див. в таблиці (7.21).

#### 7.3.4.3.2 Охолодження в апараті зі зміювиком:

$$\alpha_1 = C \frac{\lambda_p}{D_a} \left( \frac{\rho_p \cdot n \cdot d_m^2}{\mu_p} \right)^m \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,33} \quad (7.146)$$

Позначення фізичних величин та умови, при яких беруться їх значення, див. рівняння (7.126), значення коефіцієнтів  $C$  та  $m$  див. в таблиці (7.21).

$$\alpha_2 = 0,021 \cdot X \cdot \frac{\lambda_p}{d_3} \cdot \left( \frac{\omega_p \cdot d_3 \cdot \rho_p}{\mu_p} \right)^{0,8} \cdot \left( \frac{C_p \cdot \mu_p}{\lambda_p} \right)^{0,43} \quad (7.147)$$

Позначення фізичних величин, їхня розмірність і умови, при яких вони беруться, – див. рівняння (6.124).

#### 7.3.4.4 Визначення середньої різниці температур ( $\Delta T_{\text{ср}}$ )

Середня різниця температур (середній температурний напір) для безперервних процесів у випадку прямотечії і протитечії визначається як середньологарифмічна різниця:

$$\Delta T_{\text{ср}} = \frac{\Delta T_6 - \Delta T_M}{2,3 \lg \frac{\Delta T_6}{\Delta T_M}}, \quad (7.148)$$

де  $\Delta T_6$ ,  $\Delta T_M$  – більша і менша різниця температур між гарячим і холодним теплоносієм на кінцях теплообмінника.

Якщо  $\Delta T_6 / \Delta T_M < 2$ , середній температурний напір визначається як середньоарифметична величина:

$$\Delta T_{\text{сеп}} = (\Delta T_{\text{б}} + \Delta T_{\text{м}}) / 2 \quad (7.149)$$

Для періодичних процесів нагрівання паром  $\Delta T_{\text{сеп}}$  обчислюється за формулою (7.148).

Для нагрівання гарячою рідиною:

$$T_{\text{сеп}} = \frac{T_2 - T_1}{2,3 \lg \frac{T_{\text{п}} - T_1}{T_{\text{п}} - T_2}} \cdot \frac{A - 1}{2,3A \lg A}, \quad (7.150)$$

де  $A = (T_{\text{п}} - T_2) / (T_{\text{к}} - T_2)$ ;

$T_{\text{п}}$  – початкова температура гріючої рідини,  $K$ ;

$T_{\text{к}}$  – кінцева температура гріючої рідини,  $K$ ;

$T_1$  – початкова температура рідини, яку нагрівають,  $K$ ;

$T_2$  – кінцева температура рідини, яку нагрівають,  $K$ .

Для охолодження холодною рідиною:

$$T_{\text{сеп}} = \frac{T_3 - T_4}{2,3 \lg \frac{T_3 - T_{\text{п.х}}}{T_4 - T_{\text{п.х}}}} \cdot \frac{A - 1}{2,3A \lg A}, \quad (7.151)$$

де  $A = (T_3 - T_{\text{п.х}}) / (T_3 - T_{\text{к.х}})$ ;

$T_4$  – кінцева температура охолоджуваної рідини,  $K$ ;

$T_3$  – початкова температура охолоджуваної рідини,  $K$ ;

$T_{\text{п.х}}$  – початкова температура холодоагента,  $K$ ;

$T_{\text{к.х}}$  – кінцева температура холодоагента,  $K$ .

### 7.3.5 Розрахунок витрати теплоносіїв

#### 7.3.5.1 Витрати пари

$$G = Q_2 / (r \cdot X), \quad (7.152)$$

де  $G$  – витрати пари,  $кг$ ;

$r$  – теплота конденсації,  $Дж/кг$ ;

$X$  – ступінь сухості гріючої пари;  $X = 0,95$ ;

$Q_2$  – підведене тепло,  $Дж$ .

#### 7.3.5.2 Витрати рідкого теплоносія

$$G = Q_2 / C \cdot (T_2 - T_1), \quad (7.153)$$

Де  $G$  – витрати рідкого теплоносія або холодоагента,  $кг$ ;

$C$  – питома теплоємність теплоносія,  $Дж/(кг \cdot K)$ ;

$T_1$  і  $T_2$  – відповідно кінцева і початкова температури рідкого теплоносія,  $K$ .

### 7.3.6 Теплові розрахунки при індукційному електрообігріві апаратів з мішалками

Методика теплових розрахунків при індукційному електрообігріві апаратів практично не відрізняється від наведеної вище.

Спочатку визначається підведене або відведене на кожній зоні тепло:

$$Q_2 = Q_4 - Q_1 + Q_3 \quad (7.154)$$

Тепло, що витрачається на нагрівання апарата ( $Q_5$ ) і теплові втрати в навколишнє середовище ( $Q_6$ ) не розраховуються, а приймаються на рівні 10 % від загальних витрат тепла, тобто обчислене значення збільшується на 10 %.

Потім для найбільш напруженої зони знаходиться (перевіряється) потужність індукторів ( $Bm$ ):

$$N = Q_2 / (3600 \cdot \tau \cdot \eta \cdot a), \quad (7.155)$$

де  $Q_2$  – підведене до апарата тепло, Дж;

$\tau$  – час роботи індукторів, год;

$\eta$  – ККД перетворення електричної енергії в теплову;  $\eta = 0,8 \div 0,9$ ;

$a$  – коефіцієнт використання потужності;  $a = 0,6 \div 0,9$ .

Коефіцієнт використання потужності характеризує залежність зниження споживаної потужності з підвищенням температури.

За отриманою сумарною потужністю індукторів підбирається потужність індукторів, що встановлюються на апараті.

### 7.3.7 Особливості теплових розрахунків процесів сульфування

#### 7.3.7.1 Тепловий баланс процесів змішування кислот

Без врахування тепла, що витрачається на нагрівання окремих частин апарата і теплових втрат в навколишнє середовище, тепловий баланс змішування сульфатних кислот різних концентрацій визначається рівнянням:

$$Q = G_1 \cdot C_1 \cdot (T_1 - T_0) + G_2 \cdot C_2 \cdot (T_2 - T_0) + Q_p - G \cdot C \cdot (T - T_0), \quad (7.156)$$

де  $C_1$  і  $C_2$  – питомі теплоємності кислот, що змішуються,  $kJ/(kg \cdot K)$ ;

$T_1$  і  $T_2$  – початкові температури кислот, що змішуються,  $K$ ;

$C$  – питома теплоємність одержуваної кислоти,  $kJ/(kg \cdot K)$ ;

$T$  – температура одержуваної кислоти,  $K$ ;

$T_0 = 273 K$ ;

$Q$  – тепло, що відводиться холодоагентом,  $kJ$ ;



$G, G_1, G_2$  – маси кислот, кг;

$Q_p$  – тепло, що виділяється при змішуванні (розведенні) кислот, кДж.

Теплота розведення кислот визначається за формулою:

$$Q_p = -0,01 \cdot (G \cdot m \cdot \Delta H - G_1 \cdot m_1 \cdot \Delta H_1 - G_2 \cdot m_2 \cdot \Delta H_2), \quad (7.157)$$

де  $\Delta H_1$  – тепло, що виділяється при утворенні більш концентрованої кислоти з моногідрату і води, кДж/кг  $H_2SO_4$ ;

$\Delta H_2$  – тепло, що виділяється при утворенні більш розведеної кислоти з моногідрату і води, кДж/кг  $H_2SO_4$ ;

$\Delta H$  – тепло, що виділяється при утворенні з моногідрату і води одержуваної кислоти заданої концентрації;

$m_1$  – вміст сульфатної кислоти в концентрованій кислоті, %;

$m_2$  – вміст сульфатної кислоти в розведеній кислоті, %;

$m$  – вміст сульфатної кислоти в кислоті, яка одержується при змішуванні, %.

$\Delta H, \Delta H_1$  і  $\Delta H_2$  визначаються відповідно до закону Гесса за формулою Томсена:

$$\Delta H = \frac{74,83X}{X+1,7983} \text{ (кДж/моль } 100 \text{ \% -вої } H_2SO_4) \quad (7.158)$$

або

$$\Delta H = \frac{1139,68n}{n+49} \text{ (кДж/моль } 100 \text{ \% -вої } H_2SO_4), \quad (7.159)$$

де  $X$  – кількість моль води, що змішується з 1 моль 100 %-вої сульфатної кислоти;

$n$  – вміст води в кислоті після розведення, %.

Якщо змішується сульфур(VI) оксид з водою:

$$Q_p = 0,01 \cdot (G \cdot n \cdot \Delta H - G_1 \cdot n_1 \cdot \Delta H_1 - G_2 \cdot n_2 \cdot \Delta H_2), \quad (7.160)$$

де  $\Delta H$  – теплота змішування сульфур(VI)оксиду з водою при утворенні кислоти концентрацією  $m\%$ , кДж/кг води;

$\Delta H_1$  – теплота змішування сульфур(VI)оксиду з водою при утворенні кислоти концентрацією  $m_1\%$ , кДж/кг води;

$\Delta H_2$  – теплота змішування сульфур(VI)оксиду з водою при утворенні кислоти концентрацією  $m_2\%$ , кДж/кг води;

$n, n_1, n_2$  – вміст води (зв'язаної і незв'язаної з  $SO_3$ ) в кислотах, що змішуються, і в одержуваній суміші, %.

$\Delta H, \Delta H_1$  і  $\Delta H_2$  в цьому випадку визначаються за формулою Портера:

$$\Delta H = \frac{2112,6}{\frac{1-m}{m} + 0,2013} + \frac{2,99 \cdot (T - 288)}{\frac{1-m}{m} + 0,062}, \quad (7.161)$$

де  $m$  – загальний вміст сульфур(VI) оксиду в кислоті, отриманій при змішуванні, *мас. частки*;

$T$  – температура змішування, *K*.

Для визначення  $n$  користуються наступними рівностями:  
для сульфатної кислоти

$$n = 100 - 0,8164 \cdot m_c \quad (7.162)$$

для олеуму

$$n = 0,1836 \cdot (100 - m_o) \quad (7.163)$$

де  $m_c$  – вміст моногідрату в сульфатній кислоті, %,

$m_o$  – вміст вільного сульфур(VI)оксиду в олеумі, %.

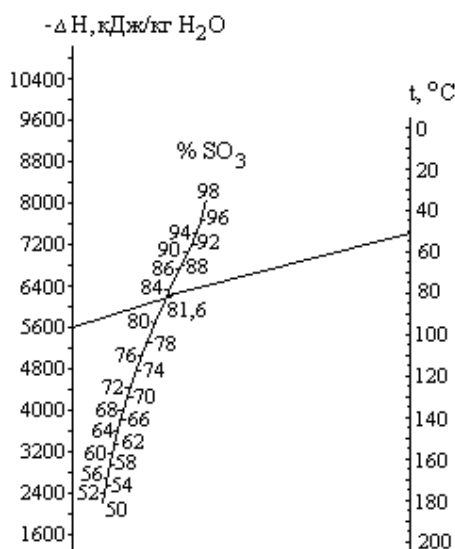


Рис. 7.7 Номограма для визначення теплоти змішування сульфур(VI) оксиду з водою.

В технічних розрахунках для визначення теплових ефектів змішування кислот і теплових ефектів зміни концентрації сульфуючого агента в процесі сульфування користуються номограмою, запропонованою С.Н.Тихменєвим (рис. 7.7).

### 7.3.7.2 Тепловий ефект процесу сульфування

Тепловий ефект процесу сульфування (*кДж*) визначається за рівнянням:

$$Q_3 = Q_p + Q_b, \quad (7.164)$$

де  $Q_p$  – теплота реакції сульфування, *кДж*;

$Q_b$  – теплота виділення  $SO_3$  із сульфуючого агента; дорівнює за величиною і протилежна за знаком теплоті змішування тієї ж кількості  $SO_3$  з водою, *кДж*.

Теплота реакції сульфування:

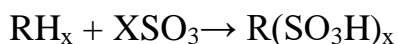
$$Q_p = \frac{1000 \cdot G}{M} \cdot \Delta H_p, \quad (7.165)$$

де  $G$  – маса речовини, що сульфуюється, *кг*;

$M$  – молярна маса речовини, що сульфуюється;

$\Delta H_p$  – тепловий ефект реакції, *кДж/моль*.

Стосовно сульфування органічних сполук сульфур(VI) оксидом за реакцією



тепловий ефект реакції визначається формулою:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + 395,75 \cdot X, \quad (7.166)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення сульфонової кислоти, *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення речовини, що сульфуюється, *кДж/моль*;

$-395,75$  – теплота утворення сульфур(VI)оксиду, *кДж/моль*;

$X$  – кількість атомів гідрогену в молекулі органічної речовини, заміщених на сульфогрупу.

Теплота виділення сульфур(VI)оксиду з сульфуючого агента, *кДж/кг води*, визначається за рівнянням:

$$\Delta H_b = -(\Delta H_s - \Delta H_\pi), \quad (7.167)$$

де  $\Delta H_s$  – теплота змішування сульфур(VI) оксиду з 1 *кг* води при утворенні сульфуючого агента з початковою концентрацією  $S$ , *кДж/кг води*;

$\Delta H_\pi$  – теплота змішування сульфур(VI) оксиду з 1 *кг* води при утворенні сульфуючого агента кінцевої концентрації  $\pi$ , *кДж/кг води*.

або

$$Q_b = G \cdot (1 - S) \cdot \Delta H_b, \quad (7.168)$$

де  $G$  – витрати сульфуючого агента, *кг*;

$S$  – початкова концентрація сульфуючого агента, *мас. частки*.

Отримане за формулою (7.167) значення  $\Delta H_{\text{в}}$  є протилежне за знаком до теплоти змішування тієї ж кількості  $\text{SO}_3$  з водою.

Для спрощення розрахунків теплот змішування кислот при певній температурі (див. рівняння 7.158–7.160) використовують формулу:

$$\Delta H_{\text{T}} = \Delta H_{323} + (T - 323) \cdot a, \quad (7.169)$$

де  $\Delta H_{\text{T}}$  – теплота змішування при температурі  $T$  К, *кДж/кг води*;

$\Delta H_{323}$  – теплота змішування при 323 К (табл. 7.11);

$a$  – температурна поправка (табл. 7.11).

Таблиця 7.11

Кількість теплоти, що виділяється при змішуванні  
1 кг води з  $\text{SO}_3$  при 323 К

Концентрація $\text{SO}_3$ в сульфуючому агенті, <i>мас. доля</i>	Кількість тепла, що виділяється при змішуванні при 323 К, $-\Delta H_{323}$ , <i>кДж/кг води</i>	Теплова поправка, $a$
0,94	1751,8	5,1
0,92	6603,4	4,6
0,90	6293,4	4,2
0,88	6033,6	3,7
0,86	5824,1	3,4
0,84	5627,2	3,0
0,82	5321,3	2,5
0,80	5007,1	2,3
0,78	4692,8	2,0

В багатьох випадках, коли сульфкування проводиться при високій температурі, із сульфуратора відганяються пари сульфованої речовини і води. Кількість теплоти, що витрачається на випаровування сульфованої речовини і води, визначається формулою:

$$\Delta Q_3^{\text{вип}} = G_1 \cdot r_1 + G_2 \cdot r_2 + Q_{\text{в}}, \quad (7.170)$$

де  $G_1$  – маса сульфованого продукту, що випаровується, *кг*;

$G_2$  – маса води, що випаровується, *кг*;

$r_1$  – теплота пароутворення сульфованої речовини при температурі сульфкування, *кДж/кг*;

$r_2$  – теплота пароутворення води при температурі сульфкування, *кДж/кг*;

$Q_{\text{в}}$  – теплота виділення води, яка випаровується із сульфуючого агента, *кДж*.

Величина  $Q_{\text{в}}$  може бути знайдена як теплота змішування  $\text{SO}_3$  і  $\text{H}_2\text{O}$  при зміні концентрації сульфуючого агента, викликаний випаровуванням води:

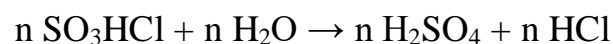
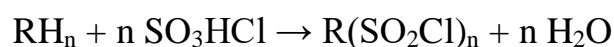
$$Q_b = G_o \cdot \left[ \left( \frac{1 - \pi_1}{\pi_2} \right) \cdot \Delta H_1 - \left( \frac{1 - \pi_2}{\pi_2} \right) \cdot \Delta H_2 \right], \quad (7.171)$$

де  $G_o$  – кількість сульфур(VI) оксиду, яка залишилася в сульфуючому агенті, кг;

$\Delta H_1$  – теплота змішування сульфур(VI) оксиду з водою при утворенні кислоти з концентрацією  $\pi_1$ , кДж/кг води;

$\Delta H_2$  – теплота змішування сульфур(VI) оксиду з водою при утворенні кислоти з концентрацією  $\pi_2$ , кДж/кг води.

### 7.3.7.3 Тепловий ефект процесу сульфування хлорсульфоновою кислотою



Кількість теплоти (кДж/моль), що виділяється при сульфуванні хлорсульфоновою кислотою складає:

$$Q_3 = 1000 \left( \frac{G_c}{M_1} \Delta H_A - 1,3G_b \right), \quad (7.172)$$

де  $G_b$  – кількість води в продукті, що сульфується, кг;

$G_c$  – кількість хлорсульфонової кислоти, що витрачається в реакції, кг;

$M_1$  – молярна маса продукту, що сульфується;

$\Delta H_A$  – тепловий ефект реакції сульфування, кДж/моль.

Маса хлорсульфонової кислоти:

$$G_c = \frac{2n \cdot 116,5}{M_1}, \quad (7.173)$$

де  $n$  – кількість моль сульфатної кислоти, що утворюється в процесі сульфування.

Тепловий ефект реакції сульфування:

$$\Delta H_A = \Delta H_S - \Delta H_o + 495,3, \quad (7.174)$$

де  $\Delta H_S$  – теплота утворення сульфохлориду арилсульфо кислоти, кДж/моль;

$\Delta H_o$  – теплота утворення речовини, яка сульфується, кДж/моль.

### 7.3.7.4 Тепловий ефект процесів нейтралізації і висолювання сульфокислот

Тепловий ефект процесів нейтралізації і висолювання кислот складається з теплового ефекту реакцій, що протікають, ( $Q_p$ ) і теплоти розведення сульфуючого агента водою ( $Q$ ):

$$Q_3 = Q_p + Q \quad (7.175)$$

Теплота розведення сульфуючого агента ( $Q$ ) обчислюється за формулами (7.158–7.160).

Тепловий ефект реакції ( $\kappaДж/моль$ ) обчислюється за законом Гесса (див. формулу (7.98)). Всі необхідні для цього теплоти утворення реагуючих речовин та речовин, що утворюються, за винятком теплот утворення солей сульфокислот, можуть бути знайдені в довідниках або обчислені за відомими методиками.

Теплоти утворення солей сульфонових кислот через відсутність експериментальних даних обчислюють наближеними методами. Найбільш широко використовується метод визначення теплот утворення солей з теплот нейтралізації.

#### 7.3.7.4.1 Визначення теплот утворення солей з теплот нейтралізації

Відомо, що сульфонові кислоти ароматичних карбонгидрогенів за кислотними властивостями наближаються до сильних кислот –  $HCl$ ,  $HNO_3$  чи  $H_2SO_4$ , які при взаємодії із сильними основами виділяють на 1 *г-екв* гідрогену однакову кількість теплоти, а саме  $57,4 \div 58,2 \kappaДж$ . З врахуванням теплот нейтралізації сульфонових кислот, можна легко обчислити теплоту утворення їхніх солей. За законом Гесса для реакції утворення солі:



мають

$$\Delta H_n = \Delta H_M + \Delta H_B - \Delta H_S - \Delta H_{OCH} \quad (7.176)$$

або

$$\Delta H_M - \Delta H_S = \Delta H_n + \Delta H_{OCH} - \Delta H_B = \Delta H_T \quad (7.177)$$

отже:

$$\Delta H_M = \Delta H_S + \Delta H_T, \quad (7.178)$$

де  $\Delta H_S$  – теплота утворення кислоти, *кДж/моль*;  
 $\Delta H_M$  – теплота утворення солі, *кДж/моль*;  
 $\Delta H_{\text{осн}}$  – теплота утворення основи, *кДж/моль*;  
 $\Delta H_N$  – теплота нейтралізації сульфонових кислот; – (57,4÷58,2)  
*кДж/моль*;  
 $\Delta H_B$  – теплота утворення води; –286,2*кДж/моль*;  
 $\Delta H_T$  – теплова поправка  
Теплова поправка обчислюється за формулою або береться з табл. (7.12):

$$\Delta H_T = \Delta H_N + \Delta H_{\text{осн}} - \Delta H_B \quad (7.179)$$

Теплоти нейтралізації карбонових кислот близькі до теплот нейтралізації сульфонових кислот. При нейтралізації 1 моль кислоти виділяється 54,1 *кДж* теплоти.

Гідроксильна група в ароматичному кільці за своєю основністю відповідає слабкій кислоті. При її нейтралізації виділяється теплота в кількості 5,5 *кДж/моль*.

Ароматичні і жирноароматичні аміни є слабкими основами. Нейтралізація їх мінеральними кислотами супроводжується виділенням 38,2 *кДж/моль*.

Таблиця 7.12

Теплоти утворення основ з елементів  $\Delta H_{\text{осн}}$   
і числові значення  $\Delta H_T$

Основа (розчин)	$-\Delta H_{\text{осн}}$ , <i>кДж/моль</i>	$-\Delta H_T$ , <i>кДж/моль</i>	
		для твердої сульфонової ки- слоти	для сульфонової кислоти в розчині
NaOH	472,2	242,6	246,4
KOH	486,0	263,1	266,5
1/2 Ba(OH) <sub>2</sub>	484,8	238,8	241,3
1/2 Ca(OH) <sub>2</sub>	500,3	255,2	275,3
1/2 Mg(OH) <sub>2</sub>	455,0	225,4	228,8
1/2 Fe(OH) <sub>2</sub>	143,3	–86,3	–83,0
NH <sub>4</sub> OH	85,1	–144,6	–141,2

### 7.3.8 Особливості теплових розрахунків процесів нітрування

#### 7.3.8.1 Тепловий баланс процесів змішування кислот для приготування нітруючої суміші

Тепловий баланс процесів змішування кислот може бути описаний рівнянням:

$$G_a C_a (T_a - T_0) + G_b C_b (T_b - T_0) + \dots + G_z C_z (T_z - T_0) + Q_p = G C (T - T_0) + Q_x \quad (7.180)$$

або

$$Q_x = G_a C_a (T_a - T_0) + G_b C_b (T_b - T_0) + \dots + G_z C_z (T_z - T_0) + Q_p - G C (T - T_0), \quad (7.181)$$

де  $G_a, G_b, \dots, G_z$  – маси кислотних складових, кг;

$C_a, C_b, \dots, C_z$  – питомі теплоємності кислотних складових, кДж/кг·К;

$T_a, T_b, \dots, T_z$  – температури кислотних складових, К;

$T_0 = 273$  К.

$G, C, T$  – маса, питома теплоємність і температура одержуваної нітруючої суміші, кг; кДж/кг·К; К;

$Q_p$  – тепловий ефект процесу змішування, кДж;

$Q_x$  – кількість теплоти, що відводиться з охолоджуючим агентом, кДж.

Якщо відома величина  $Q_p$ , то з використанням рівняння 7.181 легко обчислити кількість теплоти, яка виділяється в процесі змішування кислот.

Тепловий ефект процесу змішування кислот визначається за формулою:

$$Q_p = G_a \cdot \Delta H_a + G_b \cdot \Delta H_b + \dots + G_z \cdot \Delta H_z - G \cdot \Delta H, \quad (7.182)$$

де  $\Delta H_a, \Delta H_b, \Delta H_z$  – теплоти вичерпного розведення кислотних складових, кДж/кг.

$\Delta H$  – теплота вичерпного розбавлення нітруючої суміші, кДж/кг.

Вичерпним називають таке розведення кислот водою, при якому подальше розведення практично не супроводжується виділенням тепла (300 мас.ч. води на 1 мас.ч. кислоти).

Таким чином, тепло, що виділяється при отриманні нітруючої суміші, дорівнює сумі теплот вичерпного розведення вихідних кислотних сумішей, зменшеній на величину теплоти вичерпного розведення нітруючої суміші, яка готується.

Теплота вичерпного розведення кислотних сумішей, що містять сульфатну, нітратну кислоти і воду (кДж/кг розведеної суміші) визначається за формулою:

$$\Delta H = \frac{\Delta H_1 \cdot \Delta H_2}{\Delta H_1 - (\Delta H_1 - \Delta H_2) \cdot X}, \quad (7.183)$$

де  $X = \frac{m}{m+1}$  – відношення концентрації сульфатної кислоти в суміші до сумарної концентрації кислот, мас. частки;

$\Delta H_1$  – теплота вичерпного розведення сульфатної кислоти, що містить стільки ж відсотків води, скільки й кислотна суміш, кДж/кг;

$\Delta H_2$  – теплота вичерпного розведення нітратної кислоти, що містить стільки ж відсотків води, скільки й кислотна суміш, кДж/кг.



$$\Delta H_1 = \frac{1358 \cdot n}{n + 49} - 767 \quad (7.184)$$

$$\Delta H_2 = \frac{1307 \cdot n}{n + 98,5} - 465, \quad (7.185)$$

де  $n$  – вміст води в кислотній суміші, %.

Рівняння (7.182–7.185) графічно представлені у вигляді номограми, зображеної на рис. 7.8. Користуючись цією номограмою можна знаходити теплоти вичерпного розведення кислотних сумішей.

### 7.3.8.2 Тепловий ефект процесів нітрування

Тепловий ефект процесів нітрування складається з теплоти реакції ( $Q_p$ ) і теплоти зміни складу нітруючої суміші ( $Q_{зм}$ ):

$$Q_3 = Q_p + Q_{зм} \quad (7.186)$$

$$Q_p = G_n \frac{1000}{M_1} \Delta H_p, \quad (7.187)$$

де  $G_n$  – маса нітруючої речовини, кг;

$M_1$  – молярна маса нітруючої суміші;

$\Delta H_p$  – тепловий ефект реакції, кДж/моль.

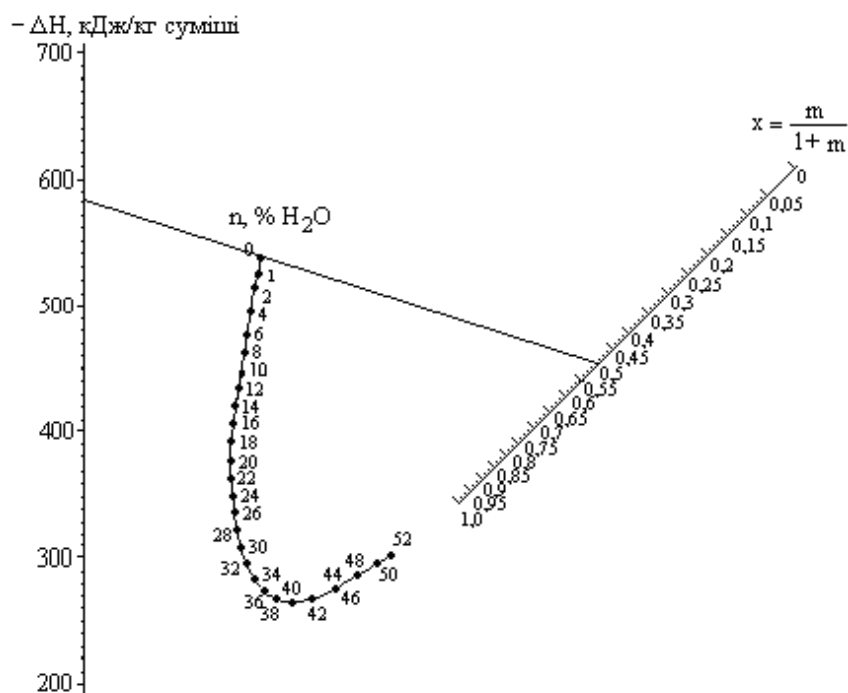


Рис. 7.8. Номограма для визначення теплот вичерпного розведення кислотних сумішей.

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + [-286,2 - (-173,5)] \cdot X \quad (7.188)$$

або

$$\Delta H = \Delta H_n - \Delta H_c - 112,7 \cdot X, \quad (7.189)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення нітропродукту, *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення речовини, котра нітрується, *кДж/кг*;

$-286,2$  – теплота утворення води, *кДж/моль*;

$-173,5$  – теплота утворення 100 %-вої нітратної кислоти, *кДж/моль*;

$X$  – кількість атомів гідрогену в молекулі органічної сполуки, що заміщуються нітрогрупами.

Теплота зміни складу нітруючої суміші:

$$Q_{зм} = G \cdot \Delta H - G_{відпр} \cdot \Delta H_{відпр} - g \cdot \Delta H_{HNO_3}, \quad (7.190)$$

де  $G$  – маса нітруючої суміші, *кг*;

$G_{відпр}$  – маса відпрацьованої кислоти, *кг*;

$g$  – маса 100 %-вої нітратної кислоти, що витрачається на нітрування субстрату, *кг*;

$\Delta H$  – теплота вичерпного розведення нітруючої суміші, *кДж/кг суміші*;

$\Delta H_{відпр}$  – теплота вичерпного розведення відпрацьованої кислоти, *кДж/кг суміші*;

$\Delta H_{HNO_3}$  – теплота вичерпного розведення 100 %-вої нітратної кислоти, *кДж/кг*.

Таким чином,

$$Q_3 = G_n \cdot \frac{1000}{M_1} \cdot \Delta H_p + G \cdot \Delta H - G_{відпр} \cdot \Delta H_{відпр} - g \cdot \Delta H_{HNO_3} \quad (7.191)$$

При значенні

$$g = G_n \cdot \frac{63 \cdot X}{M_1} \quad \text{та} \quad \Delta H_{HNO_3} \approx -465 \text{ кДж/кг},$$

одержують:

$$Q_3 = G_n \cdot \frac{1000}{M_1} \cdot (\Delta H + 29,3 \cdot X) + G \cdot \Delta H - G_{відпр} \cdot \Delta H_{відпр} \quad (7.192)$$

### 7.3.9 Особливості теплових розрахунків процесів хлорування

Тепловий ефект процесу хлорування  $Q_3$  складається з теплоти реакції  $Q_p$ , теплоти розчинення хлорогідрогену у воді  $Q_r$  і теплоти випаровування хлорованої сировини,  $Q_{вип}$ :

$$Q_3 = Q_p + Q_r - Q_{\text{вип}} \quad (7.193)$$

Тепловий ефект реакції визначається за законом Гесса:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + n \cdot \Delta H_{\text{HCl}} - n \cdot \Delta H_{\text{Cl}_2}, \quad (7.194)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення продукту хлорування, *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення хлорованої сировини, *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{Cl}_2}$  – теплота утворення молекулярного хлору; 0 *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{HCl}}$  – теплота утворення хлорогідрогену;  $-92,2$  *кДж/моль*;

$n$  – кількість атомів гідрогену, заміщених атомами хлору.

Підставивши в рівняння (7.194) значення для  $\Delta H_{\text{HCl}}$  і  $\Delta H_{\text{Cl}_2}$ , отримують (*кДж/моль*):

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 92,2 \cdot n \quad (7.195)$$

З врахуванням визначених за формулою (6.195) теплових ефектів реакцій монохлорування ( $\Delta H_{p_1}$ ), дихлорування ( $\Delta H_{p_2}$ ) і т.д. ( $\Delta H_{p_i}$ ), знаходять сумарну кількість тепла, що виділяється за реакціями (*кДж*):

$$Q_p = 1000 \left( \frac{G_1}{M_1} \Delta H_1 + \frac{G_2}{M_2} \Delta H_2 + \dots + \frac{G_i}{M_i} \Delta H_i \right) \quad (7.196)$$

Кількість тепла, яке виділяється при розчиненні хлорогідрогену у воді (*кДж/кг HCl*), визначається за формулою:

$$\Delta H_r = 657,8 \cdot m^2 - 2000,7 \cdot m, \quad (7.197)$$

де  $m$  – кількість хлорогідрогену, який розчиняється в 1 *кг* води, *кг*.

Розчинність хлорогідрогену у воді залежить від температури і тиску. Ця залежність виражається емпіричним рівнянням:

$$m = (0,304 - 1,09 \cdot 10^{-4} \cdot t) \cdot P^{0,15}, \quad (7.198)$$

де  $t$  – температура розчинення,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$P$  – парціальний тиск хлорогідрогену в газовій суміші, *мм рт.ст.*

Загальна кількість тепла (*кДж*), яке виділяється при поглинанні хлорогідрогену водою, визначається за рівнянням:

$$Q_r = G_k \cdot C_k \cdot 0,01 \cdot \Delta H_r, \quad (7.199)$$

де  $G_k$  – маса хлоридної кислоти, яка утворюється, *кг*;

$C_k$  – концентрація хлоридної кислоти, %;

$\Delta H_r$  – теплота розчинення, *кДж/кг*.

Теплота випаровування сировини  $Q_{\text{вип}}$  (кДж), яка хлорується, визначається звичайним методом:

$$Q_{\text{вип}} = G_{\text{вип}} \cdot r, \quad (7.200)$$

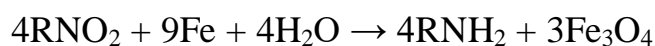
де  $G_{\text{вип}}$  – маса сировини, яка випаровується, кг;

$r$  – теплота випаровування, кДж/кг.

### 7.3.10 Особливості теплових розрахунків процесів відновлення нітросполук

#### 7.3.10.1 Тепловий ефект процесу відновлення чавунною стружкою

Відповідно до рівняння реакції



тепловий ефект реакції (кДж/моль)

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + 0,75 \cdot \Delta H_{\text{Fe}_3\text{O}_4} - 2,25\Delta H_{\text{Fe}} - \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}, \quad (7.201)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення аміну, кДж/моль;

$\Delta H_c$  – теплота утворення вихідної нітросполуки, кДж/моль;

$\Delta H_{\text{Fe}_3\text{O}_4}$  – теплота утворення  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ;  $-1118,7$  кДж/моль;

$\Delta H_{\text{Fe}}$  – теплота утворення феруму;  $0$  кДж/моль;

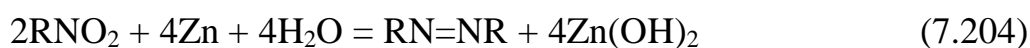
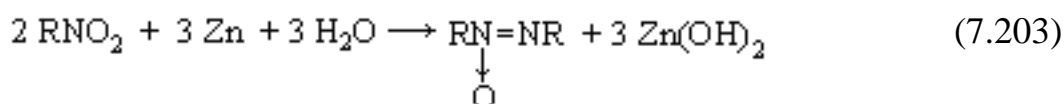
$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}$  – теплота утворення води;  $-286,2$  кДж/моль.

Після підстановки в рівняння (6.201) значень теплот утворення отримують:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 552,8 \quad (7.202)$$

#### 7.3.10.2 Тепловий ефект відновлення цинковим пилом

Відновлення нітросполук цинковим пилом проходить з утворенням азоксисполук (7.203), азосполук (7.204) та гідразосполук (7.205):



Відповідно до наведених рівнянь тепловий ефект процесу відновлення (*кДж*) визначається за формулою:

$$Q_3 = \frac{G_n C_n \cdot 1000}{100 \cdot M_n} (\Delta H_{p1} \cdot \eta_1 + \Delta H_{p2} \cdot \eta_2 + \Delta H_{p3} \cdot \eta_3), \quad (7.206)$$

де  $G_n$  – маса нітросполуки, *кг*;

$C_n$  – концентрація нітросполуки, %;

$M_n$  – молярна маса нітросполуки;

$\Delta H_{p1}$ ,  $\Delta H_{p2}$ ,  $\Delta H_{p3}$  – теплоти реакції утворення азоксисполуки, азосполуки і гідрозосполуки, *кДж/моль*;

$\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$  – вихід азокси-, азо- і гідрозосполуки, *мас. частки*.

Відповідно до закону Гесса і з урахуванням того, що  $\Delta H_{Zn} = 0$ ;  $\Delta H_{Zn(OH)_2} = -643,2$  та  $\Delta H_{H_2O} = -286,2$  *кДж/моль*:

$$\Delta H_{p1} = 0,5\Delta H_{n1} - \Delta H_c - 535,0 \quad (7.207)$$

$$\Delta H_{p2} = 0,5\Delta H_{n2} - \Delta H_c - 714,0 \quad (7.208)$$

$$\Delta H_{p3} = 0,5\Delta H_{n3} - \Delta H_c - 749,4, \quad (7.209)$$

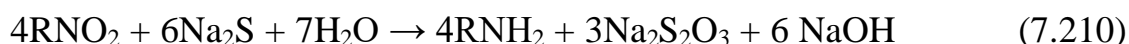
де  $\Delta H_{n1}$ ,  $\Delta H_{n2}$ ,  $\Delta H_{n3}$  – теплоти утворення відповідно азокси-, діазо- і гідрозосполуки, *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення вихідної сполуки, *кДж/моль*.

Якщо цинк гідроксид, що утворюється, реагує з лугом з утворенням натрій цинкату, то до теплового ефекту відновлення додають теплоту реакції утворення натрій цинкату, що дорівнює 65,8 *кДж* на моль гідроксиду.

### 7.3.10.3 Тепловий ефект відновлення сульфуровмісими лугами

#### 7.3.10.3.1 Відновлення нітросполук натрій сульфідом протікає за реакцією:



Величина  $\Delta H_p$  (*кДж/моль*) для даного випадку визначається наступним рівнянням:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + 0,75 \cdot \Delta H_{Na_2S_2O_3} + 1,5 \cdot \Delta H_{NaOH} - 1,5 \cdot \Delta H_{Na_2S} - 1,75 \cdot \Delta H_{H_2O}, \quad (7.211)$$

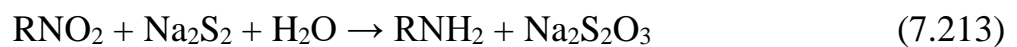
де  $\Delta H_n$  – теплота утворення аміну, *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення нітросполуки, *кДж/моль*;  
 $\Delta H_{Na_2S_2O_3}$  – теплота утворення  $Na_2S_2O_3$ ;  $-1081,0$  *кДж/моль*;  
 $\Delta H_{NaOH}$  – теплота утворення натрій гідроксиду;  $-427,3$  *кДж/моль*;  
 $\Delta H_{Na_2S}$  – теплота утворення натрій сульфїду;  $-373,8$  *кДж/моль*;  
 $\Delta H_{H_2O}$  – теплота утворення води;  $-286,2$  *кДж/моль*.

Після підстановки в рівняння (7.211) відповідних числових значень теплот утворення одержують:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 590,2 \quad (7.212)$$

### 7.3.10.3.2 Відновлення нітросполук натрій дисульфїдом протїкає за реакцією:



Величина  $\Delta H_p$  (*кДж/моль*) визначається за законом Гесса:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + \Delta H_{Na_2S_2O_3} - \Delta H_{Na_2S_2} - \Delta H_{H_2O} \quad (7.214)$$

або

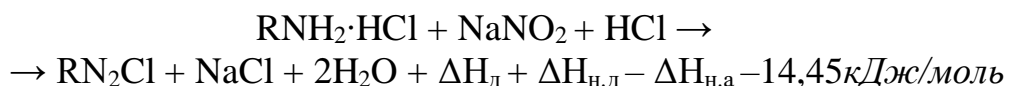
$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 358,8, \quad (7.215)$$

де  $\Delta H_{Na_2S_2}$  – теплота утворення натрій дисульфїду;  $-441,0$  *кДж/моль*.

## 7.3.11 Особливості теплових розрахунків процесів діазотування та азосполучення

### 7.3.11.1 Тепловий ефект процесів діазотування

Діазотування протїкає відповідно до сумарного рівняння:



Звідси:

$$\Delta H_p = \Delta H_d + \Delta H_{n,d} - \Delta H_{n,a} - 14,45 \quad (7.216)$$

Тепловий ефект процесу діазотування визначається за формулою:

$$Q_p' = \frac{1000 \cdot G_1 \cdot C_1 \cdot \eta}{M_1} \cdot \Delta H_p, \quad (7.217)$$

де  $G_1$  – маса завантаженого технічного аміну, кг;  
 $C_1$  – вміст аміну в технічній сировині, мас. частка;  
 $\eta$  – вихід реакції діазотування, мас. частка;  
 $\Delta H_d$  – теплота реакції діазотування, кДж/моль;  
 $\Delta H_{н.д}$  – теплота нейтралізації діазогідрату, кДж/моль;  
 $\Delta H_{н.а}$  – теплота нейтралізації аміну, кДж/моль;  
 $M_1$  – молярна маса вихідного аміну.

При діазотуванні з надлишком натрій нітриту в кількості  $\delta$  % від теоретичного при розкладанні  $\text{NaNO}_2$  виділяється тепло  $Q''_p$  (кДж):

$$Q''_p = -G_1 \cdot C_1 \cdot \frac{144,5 \cdot \delta}{M_1} \quad (7.218)$$

Таким чином, загальна кількість тепла, що виділяється за умов діазотування дорівнює:

$$Q_3 = Q'_p + Q''_p = \frac{G_1 \cdot C_1}{M_1} \cdot (1000 \cdot \eta \cdot \Delta H_p + 144,5 \cdot \delta) \quad (7.219)$$

В табл. 7.13 наведені теплоти реакцій-елементів для найбільш часто використовуваних в промисловості первинних ароматичних амінів і деяких ароматичних сполук, що містять первинну аміногрупу.

При відсутності експериментальних даних теплоту діазотування приймають за аналогією з відомими величинами теплот діазотування.

Таблиця 7.13

Теплоти реакцій-елементів у процесах діазотування

Вихідні сполуки	Теплота реакції, кДж/моль		
	$-\Delta H_{н.а}$	$-\Delta H_{н.д}$	$-\Delta H_d$
n-Толуїдин	31,8	54,5	76,6
o-Анізидин	31,4	54,5	77,0
o-Толуїдин	31,4	50,5	83,7
Анілін	31,0	48,9	77,6
Діанізидин (1/2 г-моль)	28,1	46,8	78,5
Бензидин (1/2 г-моль)	27,6	49,7	70,8
n-Броманілін	27,4	43,6	73,7
$\alpha$ -Нафтиламін	27,0	53,9	77,1
m-Броманілін	26,8	42,5	70,1
Антрапілова кислота	25,0	41,9	73,2
m-Нітроанілін	24,7	41,9	59,4
n-Амінобензойна кислота	21,9	36,1	71,2
Сульфанілова кислота	13,2	35,6	62,9
Аміноазобензол	7,40	43,1	52,6
o-Нітроанілін	7,60	33,5	52,2

### 7.3.11.2 Тепловий ефект реакції азосполучення



Тепловий ефект азосполучення визначається як сума теплових ефектів двох паралельних реакції (7.220 а), (7.220 б) і теплоти розчинення продуктів сполучення. Крім того, в кожному конкретному випадку необхідно враховувати і інші (побічні) реакції, якщо вони відбуваються. Тепловий ефект реакції азосполучення (7.220 а) може бути обчислений як різниця між теплотами утворення кінцевих і початкових сполук. Теплоти утворення азоскладових визначаються звичайним шляхом за методом Кароша. Теплоти утворення діазоскладових за методом Кароша визначити важко, оскільки табличні дані теплових поправок на азогрупу відсутні. Проте теплоти утворення діазоскладових можна визначити зі значень теплових ефектів реакцій діазотування (див. табл. 7.13).

Таблиця 7.13

Тепловий ефект реакцій-елементів в процесах азосполучення  
з 2-нафтолом

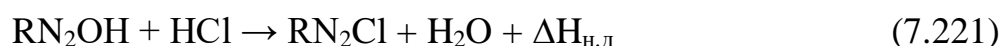
Діазотовані аміни	Тепловий ефект, кДж/моль	
	$-\Delta H_c$	$-\Delta H_{н.д}$
п-Толуїдин	128,42	54,47
о-Анізидин	142,71	54,51
о-Толуїдин	127,50	50,53
Анілін	129,64	48,34
Діанізидин (1/2 г-моль)	125,45	46,76
Бензидин (1/2 г-моль)	127,12	49,74
п-Броманілін	140,91	43,58
$\alpha$ -Нафтиламін	129,43	53,88
м-Броманілін	146,48	42,53
Антраїлова кислота	160,34	41,90
м-Нітроанілін	143,67	41,90
п-Амінобензойна кислота	170,57	36,03
Сульфанілова кислота	144,43	35,62
п-Аміноазобензен	152,85	43,07

З табл. 7.13 видно, що теплоти азосполучення різних діазоскладових з однією і тією ж азоскладовою досить близькі. Тому в технічних розрахунках при відсутності необхідних термохімічних даних тепловий ефект сполучення діазосполук з гідроксипохідними можна приймати за аналогією з даними таблиці 7.13.

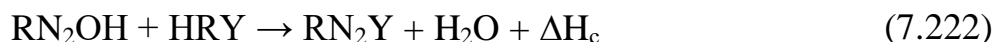
До реакцій-елементів, для яких наведено дані в табл. 7.13, відносяться:



нейтралізація діазогідратів:



азосполучення:



де  $\Delta\text{H}_{\text{н.д}}$  – тепловий ефект реакції нейтралізації діазогідрату, *кДж/моль*;

$\Delta\text{H}_{\text{с}}$  – тепловий ефект реакції азосполучення, *кДж/моль*.

Підсумовуючи реакції-елементи, отримують:



і тепловий ефект реакції:

$$\Delta\text{H}_{\text{р}} = \Delta\text{H}_{\text{с}} - \Delta\text{H}_{\text{н.д}} \quad (7.224)$$

Для приблизних розрахунків теплові ефекти реакцій сполучення діазокомпонентів з амінами приймаються рівними  $-(126 \div 147)$  *кДж/моль*, а з фенолами  $-(84 \div 105)$  *кДж/моль*.

### 7.3.12 Тепловий ефект реакції нітрузування

Тепловий ефект реакції нітрузування не може бути визначений за методом Кароша, оскільки величина теплової поправки на нітрозогрупу істотно змінюється від сполуки до сполуки.

В таблиці 7.14 наведені теплоти згоряння для деяких нітрозосполук, з яких можна визначити теплоти утворення нітрозосполук і, отже, обчислити тепловий ефект реакції нітрузування.

Таблиця 7.14

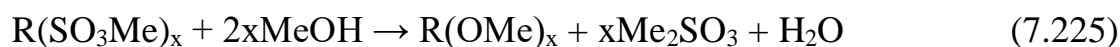
Значення теплот згоряння для деяких нітрозосполук

Нітрозосполуки	Теплоти згоряння, <i>кДж/моль</i>
n-Нітрозобензол	-2989,6
$\alpha$ -Нітрузо- $\alpha$ -нафтол	-4875,1
$\beta$ -Нітрузо- $\alpha$ -нафтол	-4891,4
$\alpha$ -Нітрузо- $\beta$ -нафтол	-4888,4
Дифенілкетоксим	-6816,3
n-Нітрузодифеніламін	-6397,7
Динітрузорезорцин (твердий)	-2214,4

В технічних розрахунках при відсутності необхідних термодімічних даних теплоти згоряння для нітрозосполук можна приймати за аналогією з даними табл. 7.14.

### 7.3.13 Особливості теплових розрахунків процесів лужного плавлення сульфонових кислот

Сумарне рівняння процесу лужного плавлення має вигляд:



де  $x$  – число сульфогруп, заміщених в процесі плавлення гідроксильними групами;  $\text{Me}$  – іон металу.

Процес лужного плавлення може бути розділений на дві стадії. Перша стадія – плавлення твердого натрій гідроксиду або упарювання його розчину, і друга стадія – лужне плавлення сульфонових кислот.

#### 7.3.13.1 Методи визначення теплового ефекту процесу плавлення твердого натрій гідроксиду або упарювання його розчину

Якщо застосовується твердий натрій гідроксид, то тепловий ефект процесу визначається формулою:

$$Q_3 = G \cdot \Delta H_{\text{пл}}, \quad (7.226)$$

де  $G$  – маса розплавленого  $\text{NaOH}$ , кг;

$\Delta H_{\text{пл}}$  – теплота плавлення твердого  $\text{NaOH}$ ; 167,6 кДж/кг.

Якщо для плавлення використовується розчин натрій гідроксиду, який попередньо випарюється, то визначення величини  $Q_3$  зводиться до обчислення теплоти випаровування води з лужного розчину. Для практичних розрахунків зручно користуватися спеціальною діаграмою (рис. 7.9).

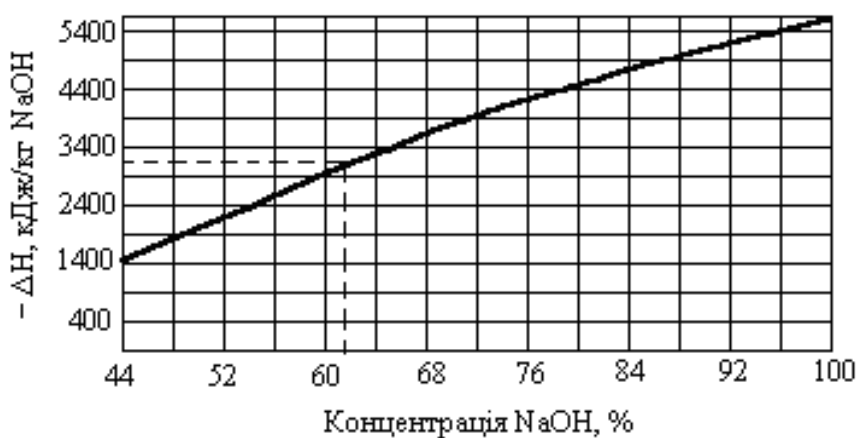


Рис. 7.9. Діаграма для визначення теплоти випарювання розчинів  $\text{NaOH}$ .

Витрати теплоти (*кДж*), необхідні для випарювання розчину NaOH, що змінює концентрацію  $C_1$  до концентрації  $C_2$ , визначаються за формулою:

$$Q_3 = G \cdot (\Delta H_2 - \Delta H_1), \quad (7.227)$$

де  $G$  – маса натрій гідроксиду, що зневоднюється, кг 100%-вого NaOH;

$\Delta H_1, \Delta H_2$  – тепло, що витрачається на зневоднення розчину NaOH до концентрації відповідно  $C_1, C_2$ , *кДж/кг* NaOH (знаходять по діаграмі на рис. 7.10).

### 7.3.13.2 Методика обчислення теплового ефекту процесу лужного плавлення сульфонових кислот

Тепловий ефект лужного плавлення визначається формулою:

$$Q_3 = Q_p + Q_l - Q_{\text{вип}}, \quad (7.228)$$

де  $Q_p$  – тепловий ефект хімічного процесу, *кДж*;

$Q_l$  – теплота зміни концентрації лужного агента, *кДж*;

$Q_{\text{вип}}$  – теплота випаровування води в процесі, якщо лужне плавлення проходить з відведенням води, *кДж*.

Тепловий ефект реакції обчислюється за законом Гесса:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + x \cdot \Delta H_{\text{Na}_2\text{SO}_3} + x \cdot \Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - 2x \cdot \Delta H_{\text{NaOH}}, \quad (7.229)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення феноляту, нафтоляту та ін., *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення натрієвої солі органічної сульфонові кислоти, *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{Na}_2\text{SO}_3}$  – теплота утворення натрій сульфіту;  $-1091,9$  *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}$  – теплота утворення води;  $-286,2$  *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{NaOH}}$  – теплота утворення 100 %-ного твердого натрій гідроксиду;  $-427,3$  *кДж/моль*;

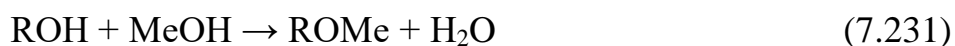
$x$  – кількість сульфогруп в молекулі сульфонові кислоти, заміщених гідроксильними групами.

З врахуванням значень теплот утворень рівняння (7.229) трансформується до вигляду:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 523,5 \cdot x \quad (7.230)$$

Теплоту утворення гідроксиформідних, атом гідрогену яких заміщено атомом натрію або калію, обчислюють з використанням даних про теплові ефекти реакцій нейтралізації гідроксиформідних (табл. 7.15).

Нейтралізація гідроксиформідних описується рівнянням:



Тепловий ефект цієї реакції (*кДж/моль*) дорівнює:

$$\Delta H_{\text{H}} = \Delta H_{\text{Me}} + \Delta H_{\text{B}} - \Delta H_{\text{Г}} - \Delta H_{\text{O}} \quad (7.232)$$

звідси

$$\Delta H_{\text{Me}} = \Delta H_{\text{Г}} + \Delta H_{\text{O}} + \Delta H_{\text{H}} - \Delta H_{\text{B}}, \quad (7.233)$$

де  $\Delta H_{\text{Г}}$  – теплота утворення гідроксипохідного, *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{Me}}$  – теплота утворення металевої солі гідроксипохідного, *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{O}}$  – теплота утворення основи, *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{B}}$  – теплота утворення води, *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{H}}$  – теплота нейтралізації, *кДж/моль*.

Приблизні значення теплот нейтралізації інших гідроксипохідних, не наведених в табл. 7.15, знаходять за аналогією з врахуванням впливу різних замісників.

Таблиця 7.15

Тепловий ефект реакції нейтралізації фенолів  
і нафтолів натрій гідроксидом

Гідроксисполуки	– $\Delta H$ , <i>кДж/моль</i>		
	Реакція в рідкій фазі	Тверді продукти реакції	Реакція в твердій фазі
Фенол	33,5	–5,5	30,6
Фенол (взаємодія з КОН)	34,4	4,6	52,0
Хлорфеноли			
орто-	39,0	52,8	–
пара-	37,3	–	–
мета-	32,7	–	–
Нітрофеноли			
орто-	39,0	46,5	67,0
пара-	37,3	26,0	53,2
мета-	35,2	26,4	47,4
$\beta$ -нафтол	9,6	–	–
Тринітрофенол (взаємодія з КОН)	57,4	99,3	121,5
Резорцин	34,4	–2,5	28,0
Пірогаллол	26,8	–	39,4
Крезолі	31,8	–	–

Гідроксисполуки	–ΔН, кДж/моль		
	Реакція в рідкій фазі		Реакція в рідкій фазі
орто-	31,8	–	–
пара-	32,7	–	–
Нафтоли (крист.)			
α-нафтол	11,7	–	–

Зміна концентрації лужного агента відбувається з виділенням тепла (кДж/кг):

$$Q_{\text{л}} = Q_1 - Q_2, \quad (7.234)$$

де  $Q_1$  – теплота, що виділяється при розчиненні у воді непрореагованого лугу, кДж;

$Q_2$  – теплота, що витрачається на одержання 100 %-вого безводного лугу з розчину, кДж.

$$Q_1 = G_1 \cdot \Delta H_1, \quad (7.235)$$

де  $G_1$  – кількість 100 %-ного NaOH, що завантажується, кг;

$\Delta H_1$  – теплота розведення 100 %-ного NaOH до концентрації вихідного розчину, кДж/кг NaOH, визначається за діаграмою (рис. 7.10).

$$Q_2 = G_2 \cdot \Delta H_2, \quad (7.236)$$

де  $G_2$  – кількість непрореагованого лугу, кг;

$\Delta H_2$  – теплота утворення натрій гідроксиду в розчині, концентрація якого дорівнює кінцевій концентрації лугу, кДж/кг NaOH, визначається за діаграмою (рис. 7.10).



Рис. 7.10 Діаграма для визначення теплоти розчинення лугів у воді: 1 – теплота розчинення NaOH (тв.); 2 – теплота розчинення KOH (тв.)

Теплота випаровування води визначається звичайним методом:

$$Q_B = G_B \cdot r, \quad (7.237)$$

де  $G_B$  – кількість води, що випаровується в процесі лужного плавлення, кг;  
 $r$  – теплота випаровування води, кДж/кг.

Таким чином, тепловий ефект процесу лужного плавлення (кДж) обчислюється за формулою:

$$Q_3 = G_c \frac{1000 \eta}{M} \cdot \Delta H_p + G_1 \Delta H_1 - G_2 \Delta H_2 - G_B r, \quad (7.238)$$

де  $G_c$  – маса натрієвої солі сульфенової кислоти, яка завантажується, кг;

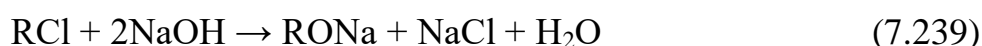
$M$  – молярна маса солі;

$\eta$  – вихід на стадії лужного плавлення, мас. частка.

### 7.3.14 Особливості теплових розрахунків процесів гідролізу, амінування та алкілування

#### 7.3.14.1 Тепловий ефект процесу гідролізу

Для найбільш поширеного випадку гідролізу хлорпохідних, який проводиться в розведених розчинах натрій гідроксиду, тепловий ефект процесу, в основному, складається з теплового ефекту реакції ( $\Delta H_p$ ) і теплоти розведення натрій гідроксиду водою, яка виділяється в результаті гідролізу. Відповідно до рівняння реакції (7.239)



і закону Гесса

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + \Delta H_{NaCl} + \Delta H_{H_2O} - 2\Delta H_{NaOH} \quad (7.240)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення продукту гідролізу, кДж/моль;

$\Delta H_c$  – теплота утворення вихідної речовини, яка гідролізується, кДж/моль;

$\Delta H_{NaCl}$  – теплота утворення натрій хлориду в розчині;  $-411,6$  кДж/моль;

$\Delta H_{H_2O}$  – теплота утворення води;  $-286,2$  кДж/моль;

$\Delta H_{NaOH}$  – теплота утворення 100 %-вого натрій гідроксиду;  $-427,3$  кДж/моль.

Після підстановки в рівняння (6.240) числових значень теплот утворення, отримують:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 156,8 \quad (7.241)$$

Теплоту розведення лугів водою знаходять як теплоту зміни концентрації лужного агента в процесі лужного плавлення (див. формули (7.234–7.236); рис. 7.11).

### 7.3.14.2 Тепловий ефект процесів амінування

Тепловий ефект процесу амінування хлорпохідних складається з теплового ефекту реакції ( $\Delta H_p$ ) і теплоти зміни концентрації амінуючого агента ( $\Delta H_{зм}$ ), яким, наприклад, може бути водний розчин аміаку.

Відповідно до рівняння реакції



і закону Гесса

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + \Delta H_{NH_4Cl} - 2 \cdot \Delta H_{NH_3}, \quad (7.243)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення амінопродукту, *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення речовини, що амінується, *кДж/моль*;

$\Delta H_{NH_4Cl}$  – теплота утворення амоній хлориду; *-315,8 кДж/моль*;

$\Delta H_{NH_3}$  – теплота утворення газоподібного аміаку; *-46,1 кДж/моль*.

Після підстановки значень теплот утворення в рівняння (7.243), отримують:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 223,6 \quad (7.244)$$

### 7.3.14.3 Тепловий ефект реакції амінування гідроксипохідних, що протікає за рівнянням (7.245)



може бути обчислений за аналогією з попередньою реакцією:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + \Delta H_{H_2O} - \Delta H_{NH_3} = \Delta H_n - \Delta H_c - 240,1 \quad (7.246)$$

### 7.3.14.3 Тепловий ефект реакції амінування гідроксипохідних, що протікає за рівнянням (7.245)



може бути обчислений за аналогією з попередньою реакцією:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + \Delta H_{H_2O} - \Delta H_{NH_3} = \Delta H_n - \Delta H_c - 240,1 \quad (7.246)$$

### 7.3.14.4 Для амінування сульфонатів за реакцією (7.247)



тепловий ефект реакції складає (*кДж/моль*):

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + \Delta H_{\text{Na}(\text{NH}_4)\text{SO}_3} - 2\Delta H_{\text{NH}_3} \quad (7.248)$$

або

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 871,5, \quad (7.249)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення амінопродукту, *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення сульфонату, *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{Na}(\text{NH}_4)\text{SO}_3}$  – теплота утворення змішаної солі сульфатної кислоти;  $-963,7$  *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{NH}_3}$  – теплота утворення газового аміаку;  $-46,1$  *кДж/моль*.

Теплота зміни концентрації амінуючого агента в процесі реакції визначається аналогічно до розрахунку теплоти зміни концентрації лугів в процесі лужного плавлення (див. (7.234–7.236)). При цьому необхідно враховувати, що до рівняння (7.246) входить  $\Delta H_{\text{NH}_3}$  газового аміаку, тому процес амінування описують наступним чином: спочатку з розчину десорбує весь аміак, при цьому витрачається тепло  $\Delta H_1$  (*кДж/кг води*), виділений газовий аміак вступає в реакцію, а залишок його знову розчиняється у воді з виділенням тепла  $\Delta H_2$  (*кДж/кг води*).

Отже, теплота зміни концентрації амінуючого агента обчислюється за формулою (*кДж/кг H<sub>2</sub>O*):

$$\Delta H_{\text{зм}} = \Delta H_2 - \Delta H_1 \quad (7.250)$$

Звідси випливає, що теплота зміни концентрації всієї кількості аміачного розчину (*кДж*) може бути обчислена за формулою:

$$Q_{\text{зм}} = G_a \cdot (1 - 0,01 \cdot C) \cdot \Delta H_{\text{зм}}, \quad (7.251)$$

де  $G_a$  – маса аміачного розчину, *кг*;

$C$  – початкова концентрація розчину, %.

Рівняння (7.251) справедливе лише для процесів, які протікають без виділення води. Утворення води і змішування її з розчином аміаку супроводжується виділенням тепла, з врахуванням якого теплота зміни концентрації аміачного розчину  $\Delta H_{\text{зм}}$  (*кДж/кг води*) може бути знайдена як

$$\Delta H_{\text{зм}} = (1 + G) \cdot \Delta H_2 - \Delta H_{\text{зм}}, \quad (7.252)$$



де  $G$  – маса реакційної води, яка припадає на 1 кг води, яка завантажується в апарат.

$\Delta H_1$  відповідає початковій концентрації аміачного розчину, а  $\Delta H_2$  – кінцевій. Величини  $\Delta H_1$  і  $\Delta H_2$  можуть бути взяті з табл. 7.15.

Таблиця 7.15

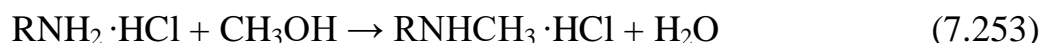
Теплота розчинення аміаку у воді при різних температурах і концентраціях розчину, який утворюється

Концентрація, %	Теплота розчинення ( $-\Delta H$ ), кДж/кгводи при				
	273 K	293 K	313 K	333 K	373 K
38,66	1223	1169	1131	–	–
36,00	1123	1060	1030	–	–
34,00	1039	976	960	–	–
32,00	960	901	880	–	–
30,00	884	821	804	–	–
28,84	838	779	767	373	830
26,00	721	675	662	645	737
24,00	650	611	599	587	670
22,00	578	549	536	524	599
19,06	486	469	458	453	511
18,00	448	432	419	415	457
16,00	390	377	365	360	385
14,00	335	227	314	310	314
12,00	285	272	264	260	256
9,50	225	214	210	201	189
8,00	180	176	172	163	159
6,00	126	126	122	122	122
4,74	106	102	99	96	91
1,92	43	41	40	39	36

### 7.3.14.5 Тепловий ефект процесів алкілування

Тепловий ефект процесів алкілування, власне кажучи, є тепловим ефектом реакції, тому що теплота зміни концентрації реагуючих речовин (за винятком процесів алкілування фенолів в лужному середовищі) в даному випадку є незначною і в розрахунках її можна не враховувати.

**7.3.14.5.1 Тепловий ефект реакції алкілування амінів метиловим спиртом в кислому середовищі може бути знайдений відповідно за законом Гесса:**



$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + \Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta H_{\text{CH}_3\text{OH}}, \quad (7.254)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення моноалкілпохідного аміну, *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення хлоридної солі аміну, *кДж/моль*;

$\Delta H_{H_2O}$  – теплота утворення води;  $-286,2$  *кДж/моль*;

$\Delta H_{CH_3OH}$  – теплота утворення метилового спирту;  $-238,8$  *кДж/моль*.

Підставляючи в рівняння (7.255) числові значення теплот утворення, отримують:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 47,4 \quad (7.255)$$

**7.3.14.5.2 Тепловий ефект утворення діалкілпохідних амінів (*кДж/моль*)** обчислюється за формулою:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + 2 \Delta H_{H_2O} - 2 \Delta H_{CH_3OH} \quad (7.256)$$

або

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 94,8 \quad (7.257)$$

**7.3.14.5.3 Тепловий ефект реакції алкілування амінів етиловим спиртом в кислому середовищі (*кДж/моль*)** відповідно до рівняння реакції (7.253) знаходиться за формулою (7.258):

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + \Delta H_{H_2O} - \Delta H_{C_2H_5OH} \quad (7.258)$$

або

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 8,2, \quad (7.259)$$

де  $\Delta H_{C_2H_5OH}$  – теплота утворення етанолу;  $-278,0$  *кДж/моль*.

#### **7.3.14.5.4 Для діалкіламінів**

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + 2 \Delta H_{H_2O} - 2 \Delta H_{C_2H_5OH} \quad (7.260)$$

або

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 16,4 \quad (7.261)$$

**7.3.14.5.5 Тепловий ефект процесу алкілування фенолів метилхлоридом в лужному середовищі** складається з теплового ефекту реакції і теплоти зміни концентрації лужного агента ( $Q_{л}$ ; рівняння (7.234)).

Відповідно до рівняння реакції (7.262):



і закону Гесса тепловий ефект алкілювання фенолів метилхлоридом у лужному середовищі

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + \Delta H_{\text{NaCl}} - \Delta H_{\text{CH}_3\text{Cl}}, \quad (7.263)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення алкілпохідного фенолу, *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення феноляту, *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{NaCl}}$  – теплота утворення NaCl; *-411,6 кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{CH}_3\text{Cl}}$  – теплота утворення рідкого метилхлориду; *-142,0 кДж/моль*.

Після підстановки в рівняння (7.263) числових значень отримують:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 269,6 \quad (7.264)$$

Теплота зміни концентрації лужного агента визначається за формулами (7.235–7.237).

#### **7.3.14.5.6 Алкілювання амінів метилхлоридом в лужному середовищі протікає за реакцією:**



Відповідно до цього рівняння:

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c + \Delta H_{\text{NaCl}} + \Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta H_{\text{CH}_3\text{Cl}} - \Delta H_{\text{NaOH}} \quad (7.266)$$

або

$$\Delta H_p = \Delta H_n - \Delta H_c - 68,5, \quad (7.267)$$

де  $\Delta H_n$  – теплота утворення моноалкілпохідного, *кДж/моль*;

$\Delta H_c$  – теплота утворення аміну, *кДж/моль*;

$\Delta H_{\text{NaOH}}$  – теплота утворення лужного агента у водному розчині;  
*-427,3 кДж/моль*.

Теплота зміни концентрації лужного агента визначається за допомогою формул (7.234–7.237).

Теплоти утворення солей амінів та теплот утворення вихідних амінів) можуть бути розраховані за формулою:

$$\Delta H_{\text{ca}} = \Delta H_a - \Delta H_k + \Delta H_{\text{на}}, \quad (7.268)$$

де  $\Delta H_{\text{ca}}$  – теплота утворення солі аміну, *кДж/моль*;

$\Delta H_a$  – теплота утворення аміну,  $\text{кДж/моль}$ ;

$\Delta H_k$  – теплота утворення кислоти,  $\text{кДж/моль}$ ;

$\Delta H_{на}$  – тепловий ефект нейтралізації аміну кислотою,  $\text{кДж/моль}$ .

Для обчислення теплових ефектів реакцій за рівняннями (7.256) і (7.258) можна скористатися теплотами утворення не солей амінів, а амінів, оскільки їх теплоти нейтралізації майже однакові.

### 7.3.14.6 Тепловий баланс відгонки непрореагованих речовин

Процеси гідролізу, амінування й алкілування, як правило, проводять під тиском. При зниженні тиску леткі речовини, що не прореагували, відганяються. Тепловий баланс відгонки летких речовин може бути описаний рівнянням:

$$G_1 C_1 (T_1 - T_0) = (G_1 - G_2) C_2 (T_2 - T_0) + G_2 i + Q_v, \quad (7.269)$$

де  $G_1$  – маса реакційної маси перед зниженням тиску,  $\text{кг}$ ;

$C_1$  – питома теплоємність реакційної маси перед зниженням тиску,  $\text{кДж/кг}\cdot\text{K}$ ;

$T_1$  – температура реакційної маси перед зниженням тиску,  $\text{K}$ ;

$T_0 = 273 \text{ K}$ ;

$G_2$  – маса речовин, що випарувалися,  $\text{кг}$ ;

$C_2$  – питома теплоємність реакційної маси, що залишилася після відгонки летких,  $\text{кДж/кг}\cdot\text{K}$ ;

$T_2$  – температура парів, що залишилися,  $\text{K}$ ;

$i$  – ентальпія парів, що утворилися,  $\text{кДж/кг}$ ;

$Q_v$  – тепло, що втрачається в навколишнє середовище,  $\text{кДж}$ .

Звичайно задаються величиною  $T_2$  і знаходять  $G_2$  з рівняння (7.269) або задаються величиною  $G_2$  і знаходять температуру  $T_2$ .

Визначення ентальпії парів у випадку відгонки суміші летких компонентів (вода, аміак) ускладнюється необхідністю попереднього обчислення складу парів, що утворюються. Склад парів можна обчислити за рівнянням простої дистиляції:

$$2,303 \cdot \lg \frac{G_1}{G_2} = \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{y - x}, \quad (7.270)$$

де  $G_1$  – початкова маса суміші летких компонентів в реакційній масі,  $\text{кг}$ ;

$G_2$  – маса речовин, які випарувалися,  $\text{кг}$ ;

$x$  – вміст рідкої суміші летких компонентів;

$y$  – вміст летких компонентів в парах, які знаходяться в рівновазі з рідиною.

## 7.4 Графічна частина проекту

### 7.4.1 Загальні відомості про будівельні креслення

При виконанні і оформленні будівельних креслень слід керуватися ГОСТами "Системи проектної документації для будівництва" (СПДБ), які поширюються на усі види проектної документації для будівництва, а також ГОСТами "Єдиної системи конструкторської документації" (ЕСКД).

Масштаби будівельних креслень вибирають відповідно до ГОСТ 2.302-68. Плани поверхів і розрізи виробничих будівель креслять в масштабі 1:200; 1:400. На симетричних кресленнях застосовують великі масштаби: 1:50; 1:100.

Координаційні осі наносять штрихпунктирними лініями і означають цифрами і буквами в кружочках діаметром 6.. 12 мм. Діаметр береться залежно від масштабу креслення (при масштабі 1:400 діаметр кружочка дорівнює 6 мм, а при більшому масштабі – до 12 мм). Розмір шрифту для позначення координаційних осей має бути на один-два номери більше, ніж розмір шрифту чисел на тому ж листі (див. рис. 7.11). На симетричних планах будівель маркування осей розташовують по лівій і нижній його сторонам.

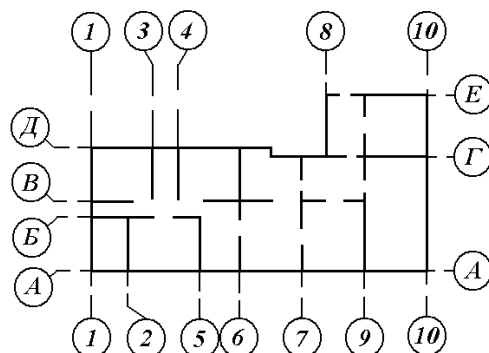


Рис.7.11 Маркування координаційних осей на несиметричному плані

Якщо план несиметричний, то в місцях розбіжності координаційних осей наносять додаткове маркування по правій і верхній сторонах плану (рис. 7.12).

**7.4.2 Плани будівель.** Будівельні креслення будівель складають за загальними правилами прямокутного проектування на основні площини проекцій. Виконання будівельного креслення починається з плану.

Планом будівлі називають зображення будівлі, уявлено розітнутої горизонтальною площиною на рівні 1/3 висоти зображуваного поверху (чи на відстані 1 м від рівня підлоги) і спроектованого на горизонтальну площину проекцій, при цьому інша частина будівлі (між оком спостерігача і січною площиною) передбачається видаленою. Розташовані на цьому рівні віконні і дверні отвори повинні потрапити в розріз. На кресленні

плану будівлі показують те, що виходить в січній площині і що розташоване під нею (рис. 7.14). Таким чином, план будівлі є його горизонтальним розрізом.

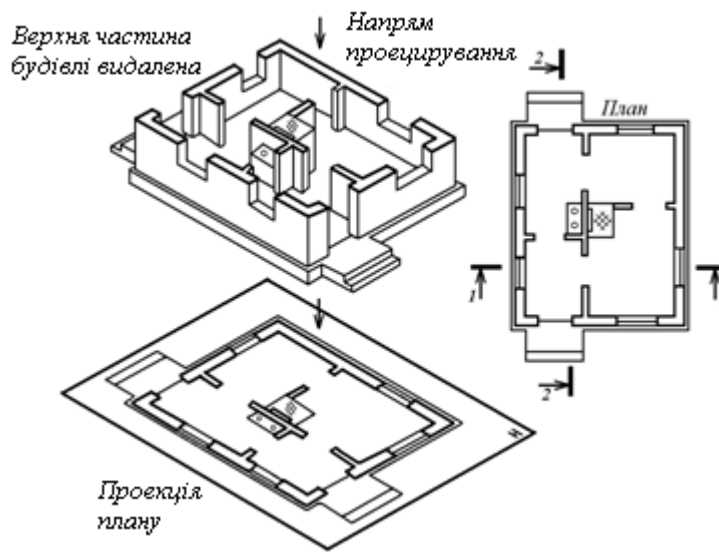


Рис. 7.12 Утворення плану будівлі

План дає уявлення про форму і розміри будівлі, взаємне розташування окремих приміщень, розміщення і розміри технологічного устаткування. На плані будівлі показують віконні і дверні отвори, розташування перегородок і капітальних стін, вбудованих шаф, санітарно-технічні пристрої і т. п. Оскільки технологічне устаткування розміщується на поверххах промислової будівлі, плани будівлі, як правило, є планами певних її поверхів.

Плани поверхів промислових будівель називають по числових значеннях рівнів (відміткам підлоги), наприклад: план на відмітці 6,600.

Плани поверхів розташовують на листі так, щоб їх довгі сторони йшли паралельно довгій стороні формату.

**Нанесення розмірів.** На плані проставляють розміри, які дають можливість судити про величину усіх приміщень і розміри конструктивних елементів будівлі.

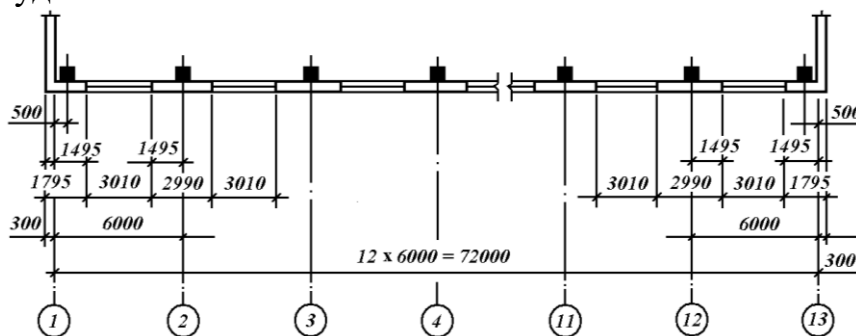


Рис. 7.13 Приклад нанесення розмірів на будівельних кресленнях

Розміри на кресленнях планів будівель наносять у вигляді замкнутого ланцюга. Розміри допускається повторювати. На перетині розмірних ліній з виносними лініями контуру або осьовими лініями замість стрілок застосовують зарубки у вигляді короткої суцільної основної лінії під кутом  $45^\circ$  до розмірної лінії (рис. 7.13); при цьому розмірні лінії повинні виступати за крайні виносні лінії на 1..3 мм. При нестачі місця для зарубок на розмірних лініях, розташованих ланцюжком, зарубки можна замінювати точками.

У тому випадку, якщо в зображенні є присутніми декілька однакових елементів, розташованих на рівній відстані один від одного (наприклад, осей колон, віконних отворів), то між такими елементами розміри проставляють тільки на початку і у кінці ряду або вказують відстані між крайніми елементами. Загальний розмір, наприклад, вказують як  $12 \times 6000 = 72000$ .

Положення усіх конструктивних елементів на плані будівлі визначається їх прив'язкою до координаційних осей.

На планах будівель проводять зовнішні розмірні лінії з відстанню між ними не менше 8 мм. Ці лінії проводять зазвичай ліворуч і знизу, поза контуром плану. При цьому першу розмірну лінію проводять на відстані не менше 10 мм від контуру плану, щоб не утрудняти його читання. На першій розмірній лінії наносять розміри віконних і дверних отворів і простінок між ними; на другій - розміри між суміжними осями і на третій - розміри між крайніми осями. Простінки, найближчі до координаційних осей, прив'язують розмірами від їх граней до осі.

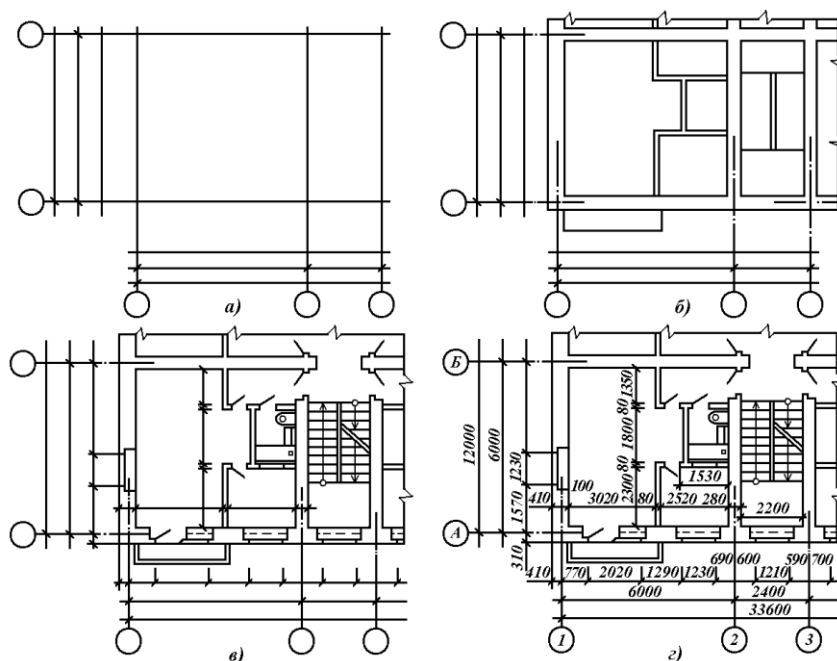


Рис. 7.14 Послідовність (а..г) викреслювання плану будівлі



Рис. 7.15 Форма експлікації приміщень на будівельних кресленнях: в останньому стовпці приводиться категорія приміщень по вибухопожежній і пожежній небезпеці

**Викреслювання планів будівель.** План будівлі викреслюють так: проводять подовжні і поперечні координатні осі (рис. 7.14а); викреслюють усі зовнішні і внутрішні стіни, перегородки і колони (рис. 7.14б); роблять розбиття віконних і дверних отворів в зовнішніх і внутрішніх стінах і перегородках, умовно показують відкривання дверей вхідних і внутрішніх; викреслюють технологічне устаткування, санітарно-технічні пристрої і наносять необхідні виносні і розмірні лінії (рис. 7.14в); проставляють на кресленні усі розміри, роблять відповідні написи і перевіряють креслення, виконане в тонких лініях; після виправлень і доопрацювання пропущених місць приступають до остаточного обведення плану олівцем марки ТМ або М (рис. 7.14г). Аналогічно викреслюються плани і з застосуванням комп'ютерної техніки.

Конструктивні елементи будівель, які потрапили в січну площину, обводять суцільною основною лінією завтовшки 0,8...1,2 мм, а контури елементів, розміщених за січною площиною, контури устаткування, а також розмірні і осьові лінії – суцільною тонкою лінією завтовшки в 2-3 рази тонше за основну. Майданчики, антресолі і конструкції, розташовані вище за горизонтальну площину розрізу, на планах поверхів зображують штрихпунктирною лінією з двома точками. Стіни, виготовлені з матеріалу, що є основним для цієї будівлі, і що потрапили в розріз на плані, не штрихують. Штрихують тільки ділянки стін, виконані з іншого матеріалу.

Координатні осі усередині плану поверху повністю не проводять, вказують їх тільки в місцях перетину з внутрішніми рядами колон або внутрішніми стінами. Координатні осі внутрішніх стін і колон повинні співпадати з їх геометричною віссю.

Найменування приміщень можна вказувати не на планах, а в експлікації приміщень, розташованій на вільному полі креслення, форма якої показана на рис. 7.15. У цих випадках на плані вказують номери приміщень в кружечках діаметром 8..10 мм.



Позиції технологічного устаткування на кресленнях наносять над полицею лінії-винесення. Закінчене креслення плану поверху перевіряють і видаляють зайві лінії.

**7.4.3 Розрізи.** Розрізом називають зображення будівлі, уявлено розітнутої вертикальною площиною і спроектованого на площину проєкцій, паралельну січній площині. Якщо уявлено розітнути будівлю вертикальною січною площиною (рис. 7.16) і видалити його передню частину, а частину будівлі, що залишилася, спроектувати прямокутно на фронтальну площину проєкцій (паралельну січній площині), то отримане на ній зображення і буде розрізом 1-1 цієї будівлі. Положення січної площини (горизонтальний слід) для цього розрізу показують на плані цієї будівлі (рис. 7.16). Січну площину вибирають так, щоб в зображенні були отвори вікон, дверей.

Розріз будівлі називають поперечним, коли вертикальна січна площина перпендикулярна подовжнім стінам будівлі, і подовжнім, коли вертикальна січна площина паралельна подовжнім стінам будівлі (рис. 7.16, розріз 2-2).

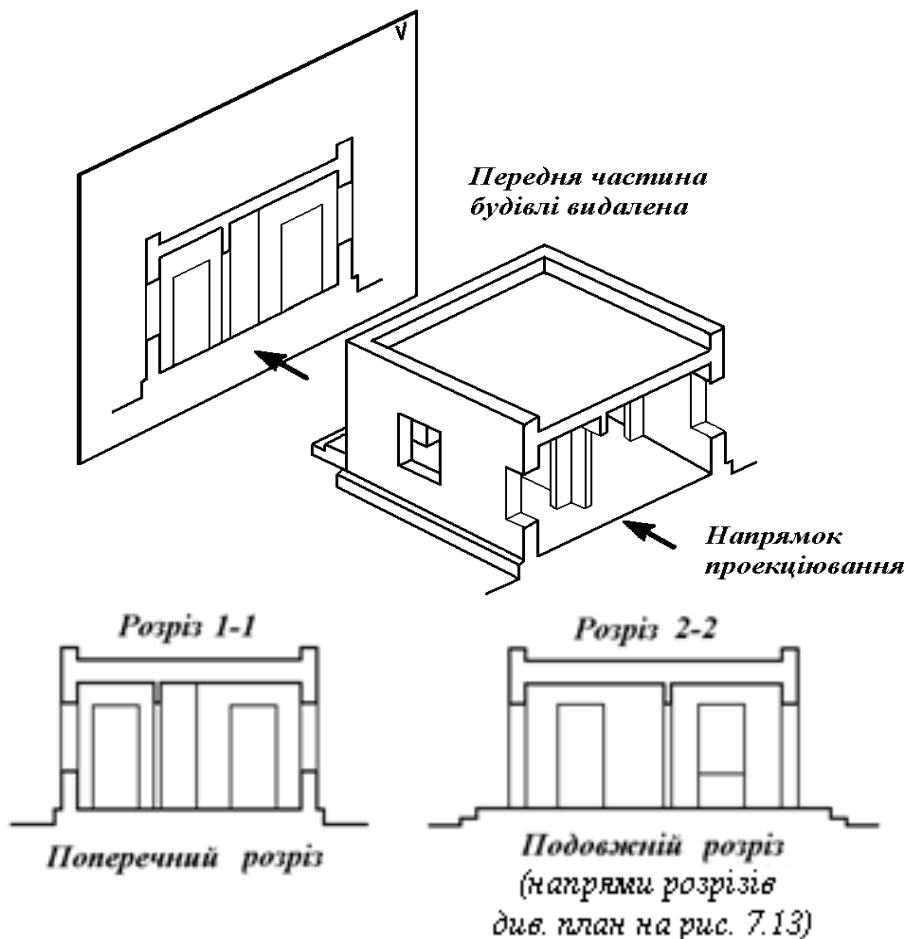


Рис. 7.16 Створення подовжнього і поперечного розрізів будівлі

Іноді для отримання розрізу застосовують не одну, а дві або більше січних паралельних площин. У такому разі розріз (поперечний або подовжній) буде складним або ступінчастим.

Напрямок січної площини для розрізу означають на плані поверху розімкненою лінією із стрілками на кінцях, які показують напрям проектування і погляду спостерігача. Біля стрілок ставлять арабські цифри, а на самому розрізі роблять напис за типом Розріз 1-1. При виконанні розрізів будівель необхідно знати, що січні площини не проводять по колонах, уздовж прогонів і балок перекриттів. Колони, перегородки, прогони, балки в подовжньому напрямі завжди показують нерозітнутими; а в поперечному перерізі – розітнутими (за винятком колон).

На розрізі наносять розміри, які характеризують висоту приміщень і окремих частин будівлі (віконних і дверних отворів), показують відмітки рівня землі (р. з), покриття чистої підлоги (р. ч. п.), верху колон, майданчиків. Висотні розміри наносять на полицях ліній-винесень, які закінчуються стрілкою, кут між сторонами якої складає  $45^\circ$ , а вершина лежить на горизонтальній лінії вимірюваного рівня. Цифри, що характеризують висоту рівня, записують в метрах з трьома знаками після коми.

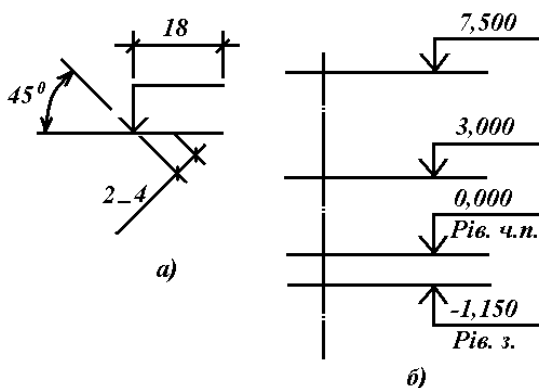


Рис. 7.17 Нанесення знаку відміток рівнів:

а – виконання знаку; б – відмітки вище і нижче за умовну відмітку

- перпендикулярно координаційним осям креслять горизонтальні лінії рівнів - поверхні землі (тротуару), підлоги усіх поверхів і умовно верху покриття;

- наносять тонкими лініями контури зовнішніх і внутрішніх стін, перегородок, які входять в розріз, а також висоти міжповерхових перекриттів і покриття (рис. 7.18б);

- намічають в зовнішніх і внутрішніх стінах і перегородках віконні і дверні отвори, а також видимі дверні отвори і інші елементи, розташовані за січною площиною (рис. 7.18в);

- проводять виносні і розмірні лінії, кружочки для маркування координаційних осей і знаки для простановки висотних відміток;

- остаточно обводять перерізи, проставляють висотні відмітки і

Площину, від якої починається відлік висоти, означають нульовою відміткою. Рівні нижче від нульового означають зі знаком мінус (рис. 7.17). На розрізах також наносять розміри між координаційними осями.

**Побудова і викреслювання розрізу.** При викреслюванні розрізу усі побудови виконують тонкими лініями в наступному порядку:

- проводять вертикальні координаційні осі основних конструкцій стін і колон (рис. 7.18а), що несуть;

розміри, роблять пояснюючі написи і вказують найменування розрізу; видаляють зайві лінії (рис. 7.18г).

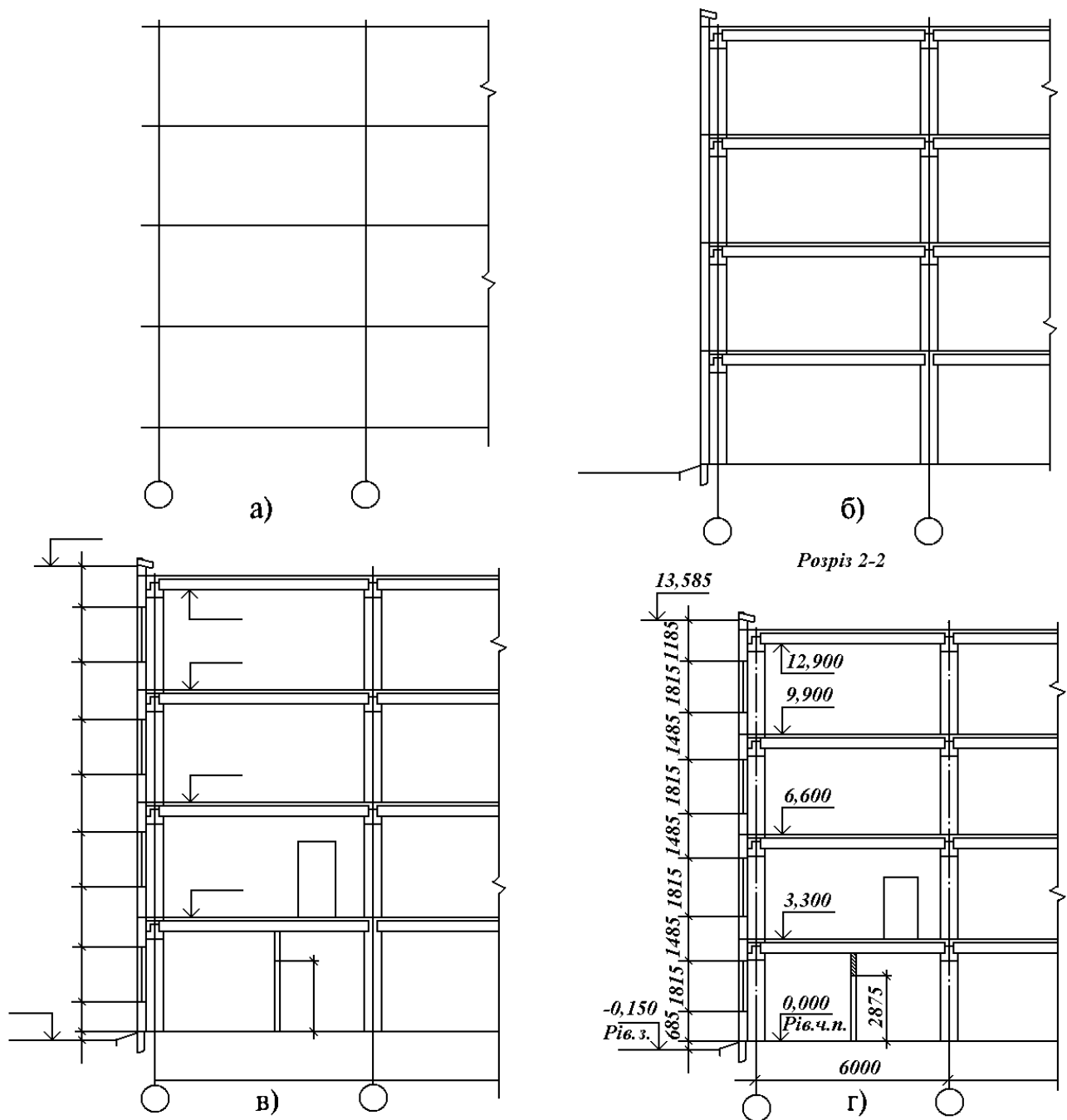


Рис. 7.18 Послідовність (а..г) викреслювання розрізу багатоповерхової виробничої будівлі

Видимі на розрізах контури прийнято обводити лініями неоднакової товщини. Контури конструкцій будівлі, розташовані в січній площині, обводять суцільною основною товстою лінією, а контури, розташовані за уявною січною площиною - суцільною тонкою лінією.

Конструктивні елементи будівель і санітарно-технічні пристрої виконують на планах і розрізах у вигляді умовних графічних зображень,

що наносяться в масштабі креслення. У умовних зображеннях сходів стрілкою показують напрям підйому маршу. Кружечки у початку і кінці стрілок ставлять у краю майданчика поверху, до якого відноситься план. Зображення приміщень вбиральних, умивальних, душових, виконані в масштабі 1:200 і більше, доповнюються умовними зображеннями унітазів, умивальників, душів (див. Додаток А).

**7.4.4 Компонування технологічного устаткування** представляється у вигляді планів розташування устаткування по відмітках (0,00; 7,2; 13,2 та ін.) і розрізів будівлі по вертикалі кількість яких, зазвичай визначається необхідністю вказівки способів розташування технологічного устаткування, висоти його установки і висоти розташування міжповерхових перекриттів і майданчиків. Зазвичай плани викреслюються в масштабі 1:100, а розрізи 1:50 або 1:100.

Початковий варіант планів і розрізів викреслюється в електронному виді або на міліметрівці.

Компоновка устаткування у вигляді плану починається з викреслювання штрихпунктирними лініями подовжніх і поперечних осей будівлі (рис. 7.19). Відстань між подовжніми і поперечними осями – частіше за все б м, в окремих випадках 12; 18 м (крок колон).

У місцях перетину подовжніх і поперечних осей викреслюють перетини колон (характеристики окремих елементів будівлі приведені в розділі 3).

*План на відм. +7,2 м*

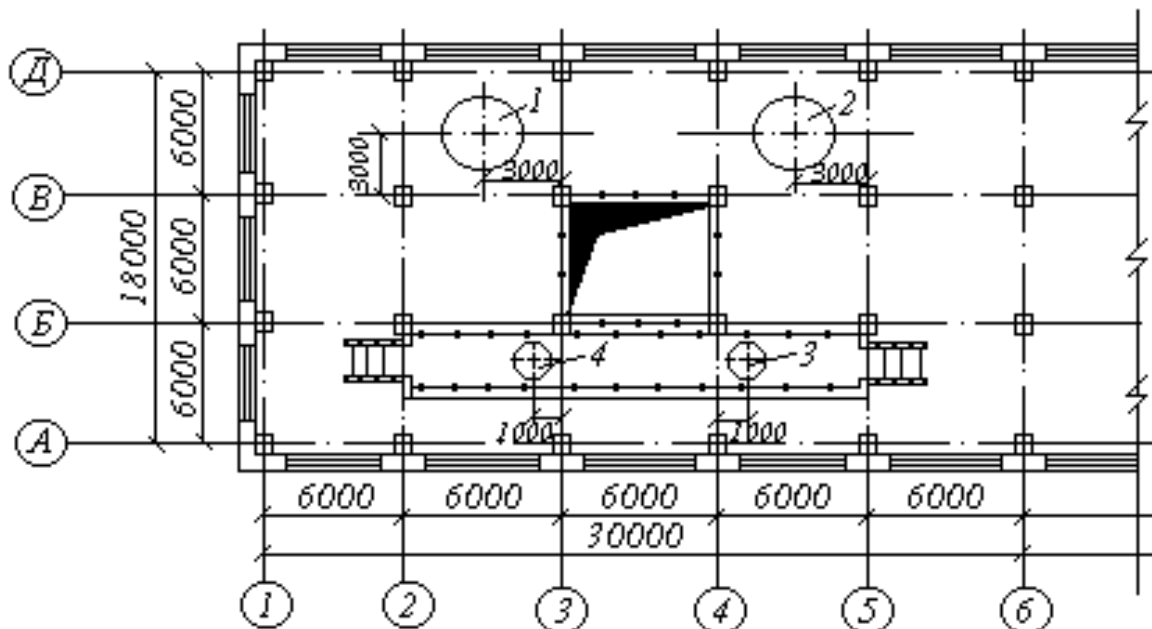


Рис. 7.29 Компоновка устаткування на відмітці 7,2 м

В рамках отриманої сітки колон розміщують технологічне устаткування, викреслюють в плані технологічні майданчики, міжповерхові сходи і сходи для обслуговування, міжповерхові отвори, і прив'язують їх до розбивальних осей (координати розміщення).

Після виконання компоновки устаткування визначаються кінцеві розміри будівлі (ширина і довжина) і викреслюються стіни, перегородки (по товщині), указується місцеположення віконних отворів, дверей, воріт та ін. Подібним чином викреслюються і побутові приміщення, наприклад санпропускники (див. п. 4.3.2).

## Список рекомендованной литературы

1. Чуешов В.И., Мандрыка Л.А., Сичкарь А.А., Пашнев П.Д. Основы проектирования производств в химико-фармацевтической и биотехнологической промышленности. Харьков: НФаУ, 2004. – 460 с.
2. Г.А. Галстян, А.Г. Галстян, Г.О. Маршалок. Устаткування і основи організації виробництв тонкого органічного синтезу. - Луганск: Вид-во «Ноулідж», 2012. – 453 с.
3. Піх З.Г. Теорія хімічних процесів органічного синтезу. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2002. – 395 с.
4. Г.А. Галстян, Г.О. Сєдих, І.М. Шаповалова Технологічні розрахунки у виробництві тонкого органічного синтезу. Навч. посібник. – Рубіжне: ІХТ СНУ ім. В. Даля, 2009. – 231 с.
5. Шах Д.Х. Стандартные операционные процедуры в фармацевтическом производстве. Общие принципы. – К.: Автог., 2006. – 456 с.
6. Дворецкий С.И., Кормильцин Г.С., Калинин В.Ф. Основы проектирования химических производств: Учеб. пособие. М.: Издательство "Машиностроение-1". 2005. – 28 с.
7. Дворецкий С.И., Кормильцин Г.С., Королькова Е.М. Основы проектирования химических производств. Тамбов: ТГТУ, 1999. – 18 с.
8. Процессы и аппараты химической технологии. Основы теории процессов химической технологии / Под ред. А.М. Кутепова. М.: Логос, 2000. Т. 1. – 48 с.
9. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 360 с.
10. Перевалов В.П., Колбовский Г.И. Основы проектирования и оборудование производств тонкого органического синтеза. М.: Химия. 1997. – 288 с.
11. Йозеп А.А., Самаренко В.Я., Пассет Б.В. Химическая технология фармацевтических субстанций. – М.: Лань, 2016. – 384 с.
12. Баурина М.М., Красноштанова А.А., Шакир К.В. Технология получения биологически активных веществ. – М.: РХТУ, 2009. – 120 с.
13. Беркман Б.Е. Основы технологического проектирования производств органического синтеза. М.: Химия, 1970. – 36 с.
14. Карпов В.С., Беленов Е.А., Новиков Ю.А. Структура и принципы проектирования объектов химической техники. М.: МИХМ, 1984. – 13 с.
15. Макаревич В.А. Строительное проектирование химических предприятий. М.: Высш. школа, 1977. – 208 с.
16. Кафаров В.В., Мешалкин В.П., Перов В.А. Математические основы автоматизированного проектирования химических производств. М.: Химия, 1979. – 320 с.
17. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / Под ред. А.С. Ключева. М.: Энергоатомиздат 1990. – 464 с.

20. Кафаров В.В., Бодров В.И., Дворецкий С.И. Новое поколение гибких автоматизированных химических производств // Теоретические основы химической технологии. 1992. Т. 26, № 2. С. 254.
21. Гринберг Я.И. Проектирование химических производств. М.: Химия, 1970. 268 с.
22. Вязгин В.А., Федоров В.В. Математические методы автоматизированного проектирования. М.: Высш. школа, 1989. – 184 с.
23. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. М.: Химия, 1975. – 576 с.
24. Лисицын В. Н. Химия и технология промежуточных продуктов. - М.: Химия, 1987. – 368 с.
25. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика / Под ред. А.А. Поспелова. М.: Наука, 1991. – 261 с.
26. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. Учебник для вузов. 4-е изд. - М.: Химия, 1988. – 592 с.
27. Гуревич А.А. Проектные исследования химических производств. М.: Химия, 1976. – 208 с.
28. И.А. Иоффе. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 351 с.
29. А.Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1973. – 752 с.

## Зміст

Передмова.....	3
Вступ.....	5
<b>Розділ 1 Система проектування виробництв активних фармацевтичних інгредієнтів</b>	
1.1 Види проектів та їх склад.....	10
1.1.1 Робочий проект на будівництво технічно нескладних об'єктів.....	11
1.1.2 Робоча документація.....	13
1.1.3 Вибір району розміщення підприємства і майданчика для будівництва.....	17
1.1.4 Організація проектування.....	22
1.2 Основні етапи проектування хіміко-фармацевтичних виробництв.....	23
1.2.1 Проектні дослідження.....	25
1.2.1.1 Загальні уявлення про проектні дослідження.....	25
1.2.1.2 Розрахунково-графічна модель промислового об'єкту..	26
1.2.1.3 Методологія проектних досліджень.....	28
1.2.2 Інженерні вишукування у будівництві.....	30
1.2.3 Передпроектна розробка.....	32
1.2.3.1 Техніко-економічне обґрунтування.....	32
1.2.3.2 Вибір майданчика будівництва для об'єкту.....	36
1.2.3.3 Завдання на проектування.....	37
1.2.4 Підготовка вихідних даних проектування.....	38
1.2.4.1 Зміст розділів вихідних даних для проектування промислового хіміко-фармацевтичного виробництва .....	39
1.2.4.2 Розробка технологічної схеми виробництва.....	52
1.2.4.3 Розробка апаратурно-технологічного оформлення стадій підготовки сировини і випуску готової продукції... ..	62
1.2.4.4 Вибір технологічного устаткування.....	63
1.2.4.5 Транспортування, зберігання, дозування сировини.....	64
1.2.4.6 Зберігання рідкої сировини на загальнозаводських складах.....	74
1.2.4.7 Заключні операції виробництва активних фармацевтичних інгредієнтів.....	88
1.2.4.8 Пакування готової продукції.....	89
1.2.4.9 Аналіз вихідних даних.....	91
<b>Розділ 2 Проект хіміко-фармацевтичного виробництва</b>	
2.1 Склад проекту.....	93
2.2 Розробка ситуативного і генерального планів, транспорт... ..	97
2.2.1 Ситуативний план.....	97
2.2.2 Генеральний план хіміко-фармацевтичних підприємств.....	98
2.2.3 Транспортні комунікації.....	109



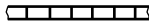

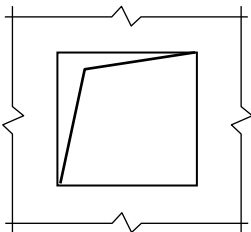
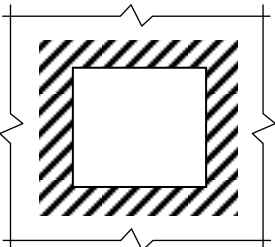
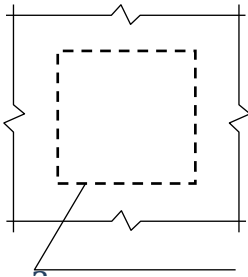


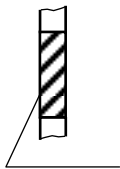
2.2.4	Техніко-економічні показники генерального плану.....	104
2.3	Технологічні рішення.....	105
2.4	Архітектурно-будівельні рішення.....	106
<b>Розділ 3 Проектування промислових будівель</b>		
3.1	Загальні відомості про промислові будівлі.....	107
3.2	Основні параметри, що забезпечують уніфікацію об'ємно-планувальних і конструктивних рішень при проектуванні промислових будівель.....	108
3.3	Об'ємно-планувальне рішення (компоновка) виробництва і розміщення устаткування.....	110
3.4	Типізація і уніфікація секцій, прольотів і конструкцій промислових будівель.....	115
3.5	Конструктивні схеми промислових будівель і їх основні елементи.....	124
3.5.1	Фундаменти.....	126
3.5.2	Колони одноповерхових і багатоповерхових будівель..	129
3.5.3	Перекрыття.....	131
3.5.4	Стіни і перегородки.....	134
3.5.5	Сходи.....	136
3.5.6	Ліфти.....	139
3.5.7	Підлоги.....	139
3.5.8	Вікна і ліхтарі.....	140
3.5.9	Двері і ворота.....	142
3.5.10	Деформаційні шви.....	142
3.6	Автоматизація проектування.....	144
3.7	САПР в Україні.....	146
<b>Розділ 4 Визначення об'ємів споруди</b>		
4.1	Загальні відомості.....	149
4.2	Компонування устаткування.....	149
4.2.1	Компонування технологічного устаткування.....	149
4.2.2	Компонування допоміжного обладнання .....	152
4.3	Адміністративно-господарські і побутові приміщення.....	154
4.3.1	Адміністративно-господарські приміщення.....	156
4.3.2	Побутові приміщення і пристрої.....	156
<b>Розділ 5 Загальні вимоги до спеціальних частин проекту</b>		
5.1	Опалювання.....	165
5.2	Вентиляція.....	172
5.3	Водопостачання.....	183
5.4	Каналізація.....	191
5.5	Захист від блискавки будівель і споруд.....	197
5.6	Освітлення.....	198
<b>Розділ 6 Характеристика токсичності, вогне- і вибухонебезпечності виробництв</b>		
<b>Розділ 7 Методика виконання розрахунково-графічної частини</b>		

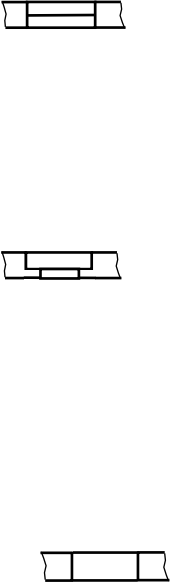

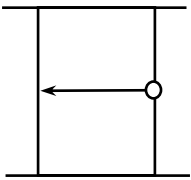
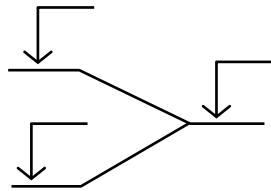

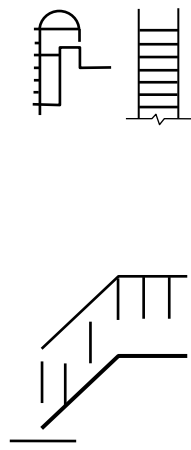
7.1	Розрахункова частина проекту.....	217
7.1.1	Матеріальні розрахунки.....	217
7.1.2	Особливості матеріальних розрахунків процесів сульфування.....	221
7.1.3	Особливості матеріальних розрахунків процесів нітрування.....	225
7.2	Технологічні розрахунки обладнання.....	231
7.2.1	Загальні відомості.....	231
7.2.2	Розрахунок ємнісного обладнання періодичних виробництв.....	231
7.2.3	Розрахунок ємнісного обладнання в безперервних виробництвах.....	237
7.2.4	Розрахунок каскаду реакторів.....	239
7.3	Теплові розрахунки.....	241
7.3.1	Загальні відомості.....	241
7.3.2	Складання теплового балансу.....	241
7.3.3	Послідовність розрахунків.....	242
7.3.4	Перевірка поверхні теплообміну апарата.....	255
7.3.5	Розрахунок витрати теплоносіїв.....	262
7.3.6	Теплові розрахунки при індукційному електрообігріві апаратів з мішалками.....	263
7.3.7	Особливості теплових розрахунків процесів сульфування.....	263
7.3.8	Особливості теплових розрахунків процесів нітрування..	270
7.3.9	Особливості теплових розрахунків процесів хлорування..	273
7.3.10	Особливості теплових розрахунків процесів відновлення нітросполук.....	275
7.3.11	Особливості теплових розрахунків процесів діазотування та азосполучення.....	277
7.3.12	Тепловий ефект реакції нітрузування.....	280
7.3.13	Особливості теплових розрахунків процесів лужного плавлення сульфокислот.....	281
7.3.14	Особливості теплових розрахунків процесів гідролізу, амінування та алкілування.....	285
7.4	Графічна частина проекту.....	292
7.4.1	Загальні відомості про будівельні креслення.....	292
7.4.2	Плани будівель.....	292
7.4.3	Розрізи.....	296
7.4.4	Компонування технологічного устаткування.....	299
	Список рекомендованої літератури.....	301
	Додаток .....	306

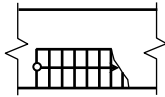
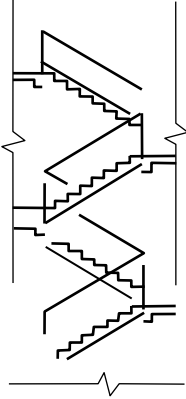
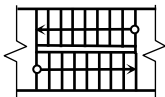
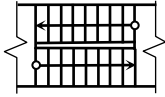
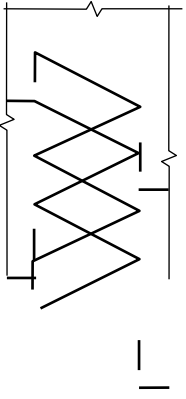


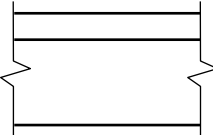
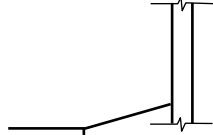
## ДОДАТОК

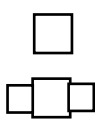

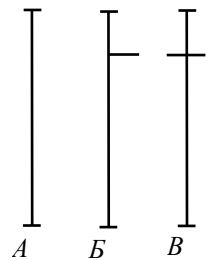




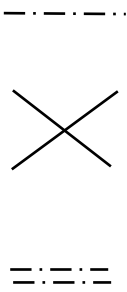

Таблиця

Умовні графічні зображення будівельних конструкцій  
по ГОСТ 21.501-93











Найменування	Зображення	
	в плані	в розрізі
<p>1 Перегородка з склоблоків</p> <p>Примітка - На кресленнях в масштабі 1: 200 і дрібніше допускається позначення всіх видів перегородок однією суцільною товстою основною лінією</p>		
<p>2 Отвори</p> <p>2.1 Отвір (проекований без заповнення)</p> <p>2.2 Отвір, що підлягає пробиванню в існуючій стіні, перегородці, покритті, перекритті</p> <p>2.3 Отвір в існуючій стіні, перегородці, покритті, перекритті, що підлягає закладенню</p> <p>Примітка - В пояснюючому напису замість трьох крапок вказують матеріал закладки</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>	<div style="margin-top: 20px;">  </div> <div style="margin-top: 20px;">  </div> <div style="margin-top: 20px;">  </div>

Найменування	Зображення	
	в плані	в розрізі
<p>2.4 Отвори:</p> <p>а) без чверті</p> <p>б) с чвертю</p> <p>в) в масштабі 1:200 і дрібніше, а також для креслень елементів конструкції заводського виготовлення</p>		
<p>3 Пандус</p> <p>Примітка – Похил пандуса вказують у плані у відсотках (наприклад 10,5 ) або у вигляді відношення висоти і довжини (наприклад 1:7). Стрілкою на плані вказано напрямок спуску</p>		
<p>4. Сходи</p> <p>4.1. Сходи металеві:</p> <p>а) вертикальні</p> <p>б) похилі</p>		

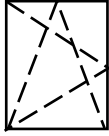



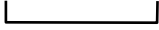


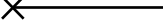

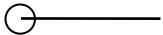
Найменування	Зображення	
	в плані	в розрізі
4.2 Сходи:		У масштабі 1:50 і крупніше
а) нижній марш		
б) проміжні марши		У масштабі 1:100 і дрібніше, а також для схем розміщення елементів збірних конструкцій
в) верхній марш		
Примітка. зазначений підйому маршу	Стрілкою напрямок	
5 Елемент існуючий, який підлягає розбиранню		
6 Отмостка		

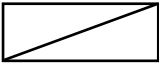
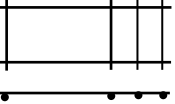
Найменування	Зображення	
	в плані	в розрізі
<p>7 Колона:</p> <p>а) залізобетонна:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- суцільного перетину</li> <li>- двогілкова</li> </ul> <p>б) металева:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- суцільностінчата</li> <li>- двогілкова</li> </ul> <p>Примітка – Зображення А – для колон без консолю, Б і В – для колон з консолю</p>	 	
<p>8 Ферма</p> <p>Примітка – Зображення А - для ферми залізобетонної, Б – для ферми металевої</p>		
<p>9 Плита, панель</p>		
<p>10 Зв'язок металевий:</p> <p>а) одноплщинний:</p> <p>вертикальний</p> <p>горизонтальний</p> <p>б) двуплоскостний</p> <p>в) тяжі</p>		

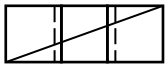
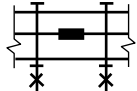
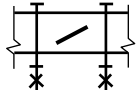
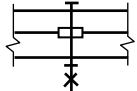
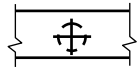
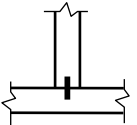
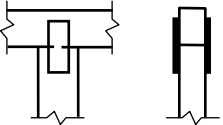
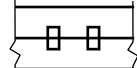
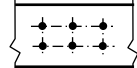
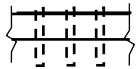
Найменування	Зображення	
	в плані	в розрізі
11 Двері, ворота		
11.1 Двері однопільні		
11.2 Двері двупільні		
11.3 Двері, подвійні однопільні		
11.4 Двері, подвійні двупільні		
11.5 Двері однопільні з хитним полотном (права чи ліва)		
11.6 Двері двопільні з хитними полотнами		
11.7 Двері (ворота) відкатні однопільні		
11.8 Двері (ворота) розсувні двопільні		
11.9 Двері (ворота) підйомні		
11.10 Двері, що складаються		
11.11 Двері, що обертаються		
11.12 Ворота підйомно-поворотні		
12 Оправи віконні		
12.1 Оправа з боковим підвісом, що відкривається всередину		

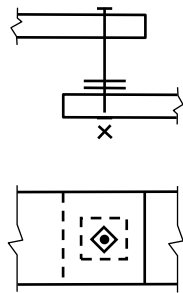
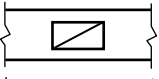
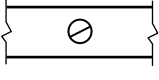
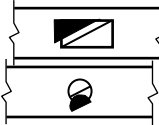
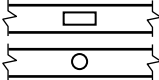
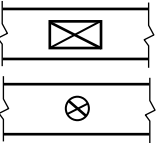
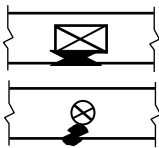








Найменування	Зображення	
	в плані	в розрізі
12.2 Оправа з боковим підвісом, що відкривається назовні		
12.3 Оправа з нижнім підвісом, що відкривається всередину		
12.4 Оправа з нижнім підвісом, що відкривається назовні		
12.5 Оправа з верхнім підвісом, що відкривається всередину		
12.6 Оправа з верхнім підвісом, що відкривається назовні		
12.7 Оправа із середнім підвісом горизонтальним		
12.8 Оправа із середнім підвісом вертикальним		
12.9 Оправа розсувна		
12.10 Оправа з підйомом		
12.11 Оправа глуха		



Найменування	Зображення	
	в плані	в розрізі
<p>12.12 Оправа з боковим підвісом або з нижнім підвісом, що відкривається всередину</p> <p>Примітка. Вершину знака (зображеного штрихами) направляти до обв'язки, на яку не навішують оправу</p>		
<p>13 Арматурні вироби</p> <p>13.1 Звичайна арматура</p> <p>13.1.1 Арматурний стрижень:</p> <p>а) вид збоку</p> <p>б) переріз</p> <p>13.1.2 Арматурний стрижень з анкеруванням:</p> <p>а) з гаками</p> <p>б) с отгибами под прямим углом</p> <p>13.1.3 Анкерні кільце або пластина</p> <p>Вид з торця</p> <p>13.1.4 Арматурний стрижень з відгином під прямим кутом, що йде в напрямку від читача</p> <p>Те ж, в документації, призначеної для мікрофільмування, і там, де стрижні розташовані один до одного дуже близько</p> <p>13.1.5 Арматурний стрижень з відгином під прямим кутом, що йде в напрямку до читача</p>	        	

Найменування	Зображення	
	в плані	в розрізі
13.2 Попередньо напружена арматура		
13.2.1 Попередньо напружені арматурний стрижень або трос:		— · — · — · — · — · — ·
а) вид збоку		
б) переріз		+
13.2.2 Поперечний переріз арматури з подальшим натягом, розташованої в трубі або каналі		○
13.2.3 Анкерівка у напружених кінців		▷ — · — · — · — · — ·
13.2.4 Забита анкерівка		▷ — · — · — · — · — ·
Вид з торця		⊕
13.2.5 З'єднання, що знімається		— · — · — · — · — · — · — · — ·
13.2.6 Фіксоване з'єднання		— · — · — · — · — · — · — · — ·
Примітка. Допускається попередньо напружену арматуру показувати суцільною дуже товстою лінією		
13.3 Арматурні з'єднання		
13.3.1 Один плоский каркас або сітка:		
а) умовно		
б) спрощено (поперечні стрижні наносять по кінцях каркаса або в місцях зміни кроку стержнів)		

Найменування	Зображення	
	в плані	в розрізі
<p>13.3.2 Кілька однакових плоских каркасів йдучи сіток</p> <p>Примітка. Арматурні і закладні вироби зображують дуже товстою суцільною лінією</p>		
<p>14 З'єднання і кріпильні деталі елементів дерев'яних конструкцій</p> <p>14.1 На шпонках</p> <p>14.2 На скобах</p> <p>14.4 З'єднання на нагелях: а) пластинчастих</p> <p>б) круглих</p>		        

Найменування	Зображення	
	в плані	в розрізі
14.5 З'єднання на шайбах		
	в масштабах	
	1:50 и 1:100	1:200
15 Канали димові і вентиляційні		
15.1 Вентиляційні шахти і канали		
15.2 Димові труби (тверде топливо)		
15.3 Димові труби (рідке топливо)		
15.4 Газовідвідні труби		
16. Умивальник (в плані і розрізі)		
17. Піддон душової (в плані і розрізі)		
18. Унітаз душової (в плані і розрізі)		
19. Кабіни душові (в плані)		
20. Кабіни вбиральних (в плані) в масштабі більше 1:200		

*Навчальне видання*

*Галстян Андрій Генрійович  
Шапкін Володимир Петрович  
Бушуєв Андрій Сергійович*

**ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВ  
АКТИВНИХ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ**

За загальною редакцією  
*проф. Г. А. Галстяна*

Відповідальний за поліграфічне виконання Л. Л. Овечкіна

Підп. до друку 26.01.2022 р. Формат 60x84 1/16.  
Ум. друк. арк. 18,36. Облік. вид. арк. 14,37. Наклад 40 пр. Зам. 1818.

Видавець і виготовлювач Київський національний університет технологій та дизайну.  
вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11, 01011.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 993 від 24.07.2002.