

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Миколаївський національний аграрний університет
Інженерно-енергетичний факультет
Кафедра загальнотехнічних дисциплін



ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО

курс лекцій
для добувачів першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти ОПП «Харчові технології»
спеціальності G13 «Харчові технології»
денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв
2026

УДК 531.1

Т30

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету.

Протокол № 5 від 19 «лютого» 2026 року.

Укладачі:

Полянський П.М. – доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін Миколаївського національного аграрного університету;
Доценко Н.А. – професорка кафедри загальнотехнічних дисциплін Миколаївського національного аграрного університету;
Іванов Г.О. – доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін Миколаївського національного аграрного університету;
Степанов С.М. – старший викладач кафедри загальнотехнічних дисциплін Миколаївського національного аграрного університету;
Баранова О.В. – асистентка кафедри загальнотехнічних дисциплін Миколаївського національного аграрного університету.

Рецензенти:

Грубань В. А. – доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу Миколаївського національного аграрного університету;
Бабенко Д. В. – професор кафедри загальнотехнічних дисциплін Миколаївського національного аграрного університету.

ЗМІСТ

Модуль 1. Основи промислового будівництва

- 1 Генеральний план промислового підприємства
- 2 Будівельна теплотехніка
- 3 Промислові будівлі та споруди
- 4 Будівельні матеріали
- 5 Будівельні конструкції

Модуль 2. Основи санітарної техніки

- 1 Опалення будівель
- 2 Вентиляція промислових будівель
- 3 Водопостачання
- 4 Каналізація
- 5 Очищення стічних вод

ПЕРЕДМОВА

Метою вивчення дисципліни «Промислове будівництво» є забезпечення інженерної підготовки студентів спеціальності «Харчові технології» для вирішення задач проектування, здачі в експлуатацію, реконструкцію будівель та споруд переробної галузі.

Вивчаючи дисципліну студент повинен знати:

досягнення науково-технічного прогресу по проектуванню й конструюванню промислових будівель і споруд на територіях переробних підприємств;

сучасні будівельні матеріали при зведенні будівель і споруд;

структурні особливості будівельних матеріалів, що забезпечують функціональну надійність і довговічність будівель і споруд;

енергозбереження будівель та споруд;

параметри мікроклімату заводських приміщень;

методи забезпечення параметрів мікроклімату приміщень за рахунок опалення та вентиляції;

способи постачання питної та технологічної води;

системи каналізації промислової та дощової води;

очищення каналізаційної води та охорона навколишнього середовища.

В процесі вивчення дисципліни розглядаються питання виконання нескладних ремонтно-будівельних робіт, експлуатації будівель і інженерних споруд, здійснення технічного нагляду за виконанням будівельно-монтажних робіт і прийому до експлуатації об'єктів завершеного будівництва.

Освоївши матеріали дисципліни «Промислове будівництво», студент повинен вміти:

побудувати і відредагувати генеральний план переробного підприємства при його реконструкції та розрахувати його параметри;

створити нормативний мікроклімат приміщень та вміти ним управляти за рахунок опалення та вентиляції;

засвоїти основні положення конструювання будівель і споруд та їхніх конструктивних елементів;

мати уявлення про оптимізацію конструктивних рішень;

знати основні будівельні матеріали, їх якості та області їх ефективного використання;

основні конструктивні елементи сучасних будівель, теплі стіни, теплі підлоги, теплі покрівлі та інше;

системи опалення, вентиляції та кондиціювання будівель та споруд;

системи водопостачання, каналізації та очистки стічних вод, охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки;

опанувати навичками виконання креслень будівель і споруд, їх конструктивних елементів з врахуванням ДБНів і діючих нормативних актів.

Підвищення продуктивності праці працюючих неможливо без створення більше сприятливих умов для високоефективної праці, поліпшення санітарно-гігієнічних умов і техніки безпеки, підвищення культури виробництва. А це потребує реконструкції сучасних переробних підприємств.

У підвищенні санітарного рівня виробничих приміщень у переробній промисловості особливе місце займають санітарно-технічні системи й пристрої. Водопровідні й каналізаційні системи забезпечують подачу й стік води, необхідної для ведення технологічних процесів і створення необхідних санітарно-гігієнічних умов. Системи опалення служать для створення нормального температурного режиму. Вентиляційні системи дозволяють видаляти надлишкову теплоту, вологу, пил і гази й тим самим поліпшувати умови й підвищувати продуктивність праці працюючих.

Перед промисловістю поставлені завдання – підвищити ефективність заходів щодо охорони праці; ширше впроваджувати маловідхідні й безвідхідні технологічні процеси; розвивати комбіновані виробництва, що забезпечують повне й комплексне використання природних ресурсів, сировини й матеріалів, що істотно знижують вплив на навколишнє

середовище; більш раціонально використати водні ресурси; підвищити ефективність роботи очисних споруджень й устаткування.

Необхідно покращити охорону атмосферного повітря, а в цих цілях удосконалювати технологічні процеси, устаткування й транспортні засоби, поліпшувати якість сировини й палива, впроваджувати високоефективні установки для очищення промислових й інших викидів.

Розділ І. ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН ПЕРЕРОБНОГО ЗАВОДУ

§ 1.1. Система проектування промислового підприємства

Проектування промислового підприємства здійснюється на основі рішень, прийнятих в техніко-економічних обґрунтуваннях (ТЕО) або техніко-економічних розрахунках (ТЕР) будівництва. При розробці ТЕО та ТЕР визначається розрахункова вартість будівництва, яка є основою господарських взаємовідношень між замовником і підрядником. Замовник – підприємець, для якого будується завод, а підрядник – будівельна організація, яка здійснює будівництво підприємства.

Розробником ТЕО и ТЕР є замовник. Підрядник, отримавши план будівництва об'єкта, затверджені ТЕО та ТЕР, визначає спільно з замовником ціну об'єкта і замовляє розробку проекту будівництва організації, яка має ліцензію.

Промислові об'єкти для розміщення основних та допоміжних технологічних процесів повинні проектуватись з використанням типових проектів. В тих випадках, коли ідентичне підприємство багаторазово повторюється в практиці промислового будівництва, а технологія, яка в них розглядається, відповідає світовим стандартам, використовуються типові проекти.

Типовий проект промислового об'єкта (хлібзавод, котельня, трансформаторна підстанція) містить усі необхідні відомості для будівництва, а процес проектування фактично приводить у відповідність проект до реальних умов будівництва.

У випадках, коли застосування типових проектів окремих приміщень і будинків призводить до нераціонального використання забудованої території, різноманітності будівельних конструкцій, подорожчання будівництва, а за характером виробництва та іншими умовами ці споруди доцільно заблокувати, слід **розробляти індивідуальні проекти**. Індивідуальний проект розробляється також у тих випадках, коли на промислове підприємство або на окреме розташоване в даному підприємстві виробництво відсутній типовий проект.

Проекти залежно від складності будівництва можуть розроблятися в **одну або дві стадії**. Стадійність проектування визначається в ТЕО або ТЕР. Проектування технічно нескладних об'єктів, а також підприємств, споруд і конструкцій, будівництво яких повинно здійснюватися за типовими і повторно використаними об'єктами, відбувається одноетапно. В цьому випадку розробляється робочий проект. При розробці проектів на складні об'єкти, окремі технологічні, конструктивні, архітектурні й інші рішення можуть розроблятися в декількох варіантах і на конкурсній основі. Це робиться при двостадійному проектуванні – розробляється **проект**, а потім **робоча документація**.

До робочих проектів додається ряд проектних рішень, прийнятих в ТЕО або ТЕР і уточнюються основні техніко-економічні показники, зокрема ціна будівництва підприємства, що проектується.

Розділи робочих проектів слід розробляти без жодної деталізації, разом із необхідними для обґрунтування проектними рішеннями. Для визначення обсягу основних будівельно-монтажних робіт, необхідності в устаткуванні, будівельних конструкціях, матеріалах, паливно-енергетичних, трудових та інших ресурсах, а також для правильного встановлення кошторисної вартості будівництва, необхідно враховувати, що при складанні робочої документації проектна організація може здійснити додаткові розробки, що уточнюють матеріали проектів. Графічну документацію в складі робочого проекту або проекту необхідно укласти з максимально можливим поєднанням зображень проектних рішень.

Робочий проект або проект на будівництво промислового підприємства чи споруди повинен містити такі розділи: 1) пояснювальна записка; 2) генеральний план і транспорт; 3) технічне рішення; 4) наукова організація праці робітників і службовців; 5) управління підприємства; 6) будівельне рішення; 7) організація будівництва; 8) охорона навколишнього середовища; 9) житлово-цивільне будівництво; 10) кошторисна документація; 11) паспорт робочого проекту.

У пояснювальній записці необхідно навести вихідні дані для проектування; коротку характеристику проектного об'єкта і його склад; дані про проектну потужність, номенклатуру, якість та технічний рівень продукції, продовольчу базу; принципове рішення щодо організації виробництва; праця та виробництво; кількість і устаткування робочих місць та інші відомості, що характеризують технологію об'єкта. На основі варіантного проектування в пояснювальній записці наводиться оцінка прогресивності й ефективності прийнятих рішень та порівняння техніко-економічних показників, затверджених у ТЕО або ТЕР.

У розділі «Генеральний план і транспорт» здійснюються коротка характеристика району та майданчика будівництва; рішення і показники щодо генерального плану, внутрішньомайданчиковому та зовнішньому транспорту; вибір виду транспорту; основні планувальні рішення, заходи щодо впорядкування й обслуговування території, рішення щодо розташування інженерних мереж і комунікацій; організація охорони підприємства. Означена частина проекту містить ситуативний план розміщення підприємств і генеральний план, на якому наносяться існуючі будівлі, будівлі, що реконструюються, і ті, що слід знести, будівлі, що проектуються, об'єкти охорони навколишнього природного середовища. Для великих підприємств і будівель наводиться картограма земельних угідь.

Розділ «Будівельні рішення» містить короткий опис і обґрунтування архітектурно-будівельних рішень щодо основних будівель і споруд з оцінкою прогресивності цих рішень; обґрунтування принципових рішень стосовно освітлення робочих місць, зниження виробничих шумів і вібрацій, побутовому, санітарному обслуговуванню працюючих; заходів щодо електричної, вибухової і пожежної безпеки, захисту будівельних конструкцій від корозії; рішення інженерних систем. Графічно виконуються плани, розрізи та фасади основних будівель і споруд, що будуються за індивідуальними проектами, зі схематичним зображенням основних несучих і огорожувальних конструкцій.

Зміст інших частин проекту або робочого проекту детально не розглядаються.

Робоча документація містить робочі креслення конструктивних елементів будівель і споруд, і в необхідних випадках уточнюється кошторисна документація.

§ 1.2. Основні правила розміщення промислових об'єктів

Промислові підприємства розміщують відповідно до схеми районного планування та генерального плану населеного пункту, як правило, у складі промислових вузлів або районів, що дозволяє найбільш ефективно на кооперативній основі використовувати допоміжні, складські, енергетичні, транспортні, адміністративно-побутові і інші загальновузлові об'єкти. Однак це не обмежує будівництво окремих виробничих об'єктів і підприємств за межами промрайонів.

Такі рішення можуть бути обґрунтовані вимогами до зниження концентрації виробничих відходів, зменшення пасажиропотоку та несумісністю підприємств за їх функціонально-технологічними характеристиками. Таким чином, невеликі підприємства легкої та харчової промисловості фактично нешкідливі, вони з незначним вантажообігом, тому їх недоцільно долучати (вводити) до складу промислового району, основу якого становлять металургійні або машинобудівні заводи.

При розташуванні підприємств слід враховувати екологічну ситуацію в районі будівництва, соціально-демографічні, кліматичні й інші місцеві умови.

Залежно від рівня промислових відходів, вантажообігу, насиченості робочими місцями промислові райони і відповідно промислові підприємства можна розділити на три основні групи.

Перша група – підприємства, що належать до I класу за рівнем відходів, мають значний вантажообіг залізничного транспорту та відносно малу насиченість робочими місцями. Ці підприємства слід розташовувати на

відстані не менше 1000 м від межі житлової забудови. Першу групу складають підприємства металургічної, хімічної, нафтопереробної, добувної промисловостей, цементні заводи тощо.

Друга група – підприємства, що належать до II, III класів за рівнем відходів, мають порівняно невеликий обсяг залізничних перевезень і середню насиченість робочими місцями. Ширина санітарно-захисної зони – не менше 500 або 300 м. До підприємств другої групи належать машинобудівні заводи, великі підприємства легкої та харчової промисловості, об'єкти будівельної індустрії, великі транспортні підприємства тощо.

Третя група – підприємства, що належать до IV, V класів за рівнем відходів, не пов'язані з залізничним транспортом, мають значне насичення робочими місцями. Мінімальна ширина санітарно-захисної зони 100 або 50 м може відповідати ширині великої міської території озеленення. До третьої групи належать підприємства приладобудування, оптики, переробних заводів, побутового обслуговування, місцевої промисловості, окремі дослідні виробництва НДІ тощо.

При розміщенні промислових підприємств переробної галузі і проектуванні їх генеральних планів слід керуватися положеннями СНіП 11-89-80 «Генеральні плани промислових підприємств» та ДБН Б.2.4-3-95 „Генеральні плани сільськогосподарських підприємств”.

Промислові підприємства слід розміщувати на земельних ділянках, що мають якнайменшу цінність для сільського і лісового господарства, по можливості зберігаючи природний ландшафт та наявні зелені насадження, максимально використовуючи останні при впорядкуванні території підприємства.

Об'єкти, що є джерелами забруднення атмосферного повітря, слід розміщувати з підвітряної сторони до житлової забудови і інших „чистіших” промислових об'єктів.

Адміністративно-побутові будівлі можна розглядати як об'єкти можливого забруднення виробництвом, і тому вони повинні бути розміщені з

підвітряної сторони.

Для скрізного провітрювання території підприємства і запобігання снігових заметів у районах зі значними снігопадами подовжні осі великих будівель, ліхтарі і проїзди розташовують під кутом не більше 45° до домінуючого напрямку вітру в зимовий період.

Склади легкозаймистих і горючих речовин, пожежо- та вибухонебезпечні виробництва розташовують з підвітряної сторони щодо інших об'єктів підприємства.

Будівництво будівель з напівзамкненими або замкнутими внутрішніми дворами допускається при належному технологічному планувальному обґрунтовуванні.

Відкрита частина напівзамкненого двору повинна бути повернута до ненавітряної сторони, а подовжня вісь двору може відхилятися від напрямку пануючих вітрів не більше ніж на 45° . Ширина замкнутого двору повинна бути не меншою найбільшої висоти будівель, що утворюють двір (до верху парапету або карниза), але не меншою 18 м.

Для провітрювання замкнутого двору в будівлях передбачають отвори шириною не менш 4 м і заввишки не менше 4,5 м.

За умов природного освітлення: відстань між будівлями, освітлюваними через вікна, повинна бути не меншою найбільшої висоти будівель, що стоять навпроти, подовжні осі будівель і світлових ліхтарів слід орієнтувати в межах від 45° до 110° до меридіана.

Мінімально допустимі відстані між будівлями та спорудами залежно від ступеня їх вогнестійкості і категорії виробництва щодо вибухонебезпечності приймають від 6 до 18 м.

При розміщенні промислових об'єктів слід враховувати можливі наслідки їх будівництва й експлуатації, зокрема зміна рівня ґрунтових вод, збільшення снігових навантажень у зоні аеродинамічної тіні найбільших будівель.

§ 1.3. Принципи формування генерального плану

Основним принципом формування генерального плану підприємства є зонування території.

За **функціонально-технологічною ознакою** на підприємстві можуть бути виокремлені такі основні зони:

Передзаводська зона розташована при в'їзді на підприємство зі сторони населеного пункту. Вона знаходиться зовні території підприємства. Її формують загальнозаводські об'єкти адміністративно-побутового призначення, частина яких може використовуватися спільно, як працівниками підприємства, так і жителями прилеглих районів. Останнє положення характерне для нешкідливих підприємств, розташованих поблизу житлової забудови.

Об'єкти, розташовані на передзаводському майданчику, слугують проміжною ланкою між підприємством і житловою забудовою, визначають обличчя підприємства і тому потребують особливо ретельного архітектурного опрацювання.

Виробнича зона займає велику частину території підприємства та містить основні цехи, переділи та технологічні відділення.

Підсобна зона містить енергетичні об'єкти, об'єкти водопостачання та каналізації, ремонтні та тарні цехи, відділи утилізації відходів виробництва, основні смуги для проведення комунікацій. Більшості сучасних підприємств властиві різнохарактерність і роз'єднаність об'єктів подібної зони. Впорядкування цих об'єктів є важливим резервом підвищення економічності рішення генерального плану загалом.

Складська зона містить склади сировини, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, готової продукції, а також інших матеріалів відповідно до профілю підприємства. В складську зону входять найбільш вантажоємні і найменш насичені робочими місцями об'єкти, що визначає їх розташування, як правило, в глибині території підприємства на значній відстані від передзаводського майданчика.

Скорочення площі складської зони переважно залежить від покращення постачання підприємства (регулярність і комплектність поставок, своєчасний вивіз готової продукції).

Зонування **за величиною вантажообігу** проводиться задля оптимальної схеми вантажопотоків на території підприємства. Об'єкти з найбільшим вантажообігом та будівлі складського призначення слід розташовувати по можливості з тильної сторони майданчика, поблизу вантажного транспорту.

Відповідно до зонування **за ступенем трудомісткості або насиченості робочими місцями** виробничі цехи та відділи з найбільшою кількістю працівників бажано розташовувати поблизу вхідної зони підприємства. Таке рішення дає змогу скоротити протяжність пішохідних комунікацій, зменшити витрати на їх облаштування, скоротити кількість можливих місць зіткнення та перетину людських потоків з вантажними і, найголовніше, зменшити непродуктивні витрати часу людей на рух по території підприємства.

Зонування **за вмістом і рівнем продукування виробничих відходів** здійснюється для зменшення несприятливих дій на працівників, на мешканців довколишніх житлових районах і на навколишнє природне середовище. Найбільш неблагонадійні об'єкти щодо продукування виробничих відходів слід розташовувати на найбільшій відстані від вхідної зони підприємства, від найбагатолюдніших цехів, що тяжіють до цієї зони. Також слід враховувати напрям пануючих вітрів, розміщуючи джерела відходів з підвітряної сторони.

Аналогічно слід здійснювати і зонування **за ступенем вибухової та пожежної небезпеки**. Окрім напрямку пануючих вітрів в цьому випадку враховують і особливості рельєфу, розташовуючи склади легкозаймистих і горючих нафтопродуктів, а також зріджених газів на знижених територіях.

Блокування будівель і споруд – другий принцип формування генплану підприємства. Блокування передбачає об'єднання під одним дахом

різних виробничих, підсобно-виробничих й інших об'єктів, зближення яких обґрунтовано технологічно і не суперечить схемам зонування території підприємства. Блокування може здійснюватися по горизонталі в результаті розміщення різноманітних цехів і відділів у широкогабаритних будівлях суцільною забудовою і по вертикалі в результаті вживання багатоповерхових будівель. В обох випадках у результаті блокування досягаються економніше використання території підприємства, скорочення внутрішньомайданчикових комунікацій, зниження тепловтрат у зв'язку зі зменшенням площі огорожуючих конструкцій.

Розділення людських і вантажних потоків також є важливим принципом формування генерального плану підприємства. З цією метою входи для людей і в'їзди для транспорту бажано розташовувати з різних (протилежних або взаємо перпендикулярних) сторін підприємства. Відстань від прохідних до цехових побутових приміщення повинна бути не більшою 800 м. На великих підприємствах передбачають введення на територію підприємства маршрутів громадського транспорту або використовують спеціальний внутрішньомайданчиковий пасажирський транспорт, як це зроблено, наприклад, на ЗІЛі.

У районах, де сильні вітри стійко поєднуються з низькими температурами, для руху людей по території підприємства застосовують спеціальні галереї. Використання пішохідних галерей або підземних переходів дозволяє розділити людські та вантажні потоки по вертикалі.

Рішення генерального плану повинне забезпечувати **умови розвитку та розширення підприємства**. Цей принцип тісно пов'язаний з черговістю введення об'єктів підприємства в експлуатацію. Великі підприємства, як правило, ділять на локальні пускові комплекси, кожний з яких, будучи частиною єдиного цілого, повинен забезпечувати технологічну й архітектурну закінченість відповідної черги будівництва. Тому в первинному проекті промислового підприємства повинні бути враховані напрями його розвитку в процесі поетапного будівництва та введення об'єктів в експлуатацію.

При реконструкції підприємств слід передбачати заходи щодо впорядкування генерального плану щодо вдосконалення функціонального зонування, об'єднання розрізнених об'єктів і відповідного підвищення ефективності використання території. Крім того, на підприємстві, що реконструюється, повинна бути впорядкована схема транспортних шляхів й інженерних комунікацій. При необхідності повинна бути організована санітарно-захисна зона між підприємством і житловою забудовою.

§ 1.4. Комунікації. Впорядкування

Прокладання транспортних і пішохідних комунікацій на промисловому підприємстві здійснюється відповідно до схеми організації технологічного процесу, зонування за величиною вантажообігу, за трудомісткістю виробництв, при дотриманні принципів поділу вантажних і транспортних потоків і модульної координації території підприємства. Вид транспорту вибирають залежно від характеру, габаритів і маси переміщуваних вантажів.

При великому обсязі перевезень, зокрема, на підприємствах металургії, машинобудування, м'ясокомбінатах, широко використовують **залізничний транспорт** нормальної колії (1520 мм). Залізничний транспорт надійний, має велику вантажопідйомність, але його істотний недолік – мала маневреність, спричинена обмеженням радіусів повороту і нахилу. Введення залізничного транспорту потрібно, як правило, проектувати в крайній від кута проліт, щоб уникнути втрат території на криволінійних ділянках.

Мінімальна відстань від осі залізничної колії до будівлі повинна бути 3,1 м за відсутності виходів з будівель і 6 м за наявності виходів з будівлі зі сторони дороги.

Автомобільні дороги на підприємствах проектують за тупиковою, кільцевою або змішаною системою. Використання тупиків вимагає добудови майданчиків для розвороту розмірами не менше 12х12 м або петлястих розворотів. Ширина проїжджої частини магістральних проїздів 3 або 6 м, під'їздів до будівлі 4 м. Ширина проїжджої частини автомобільної дороги з

двостороннім рухом не менше 6 м. Мінімальний радіус закруглення внутрізаводської автодороги – 20 м. При ширині будівлі до 18 м до нього повинен бути забезпечений під'їзд пожежних автомашин з одного боку по всій довжині будівлі, при ширині будівлі більше 18 м – з двох сторін.

До будівель площею більше 10 га або шириною більше 100 м повинен бути забезпечений під'їзд пожежних автомашин з усіх боків. З цією метою допускається використання спеціального укріплення ділянки території, де будувати постійну автодорогу біля будівлі не потрібно.

Мінімальну відстань від бортового каменя або кромки укріпленого узбіччя автомобільної дороги до будівлі слід приймати 3 м при довжині будівлі більше 20 м і відсутності в'їзду з боку дороги і 8 м за наявності в'їзду в будівлю.

У проїзді між будівлями слід розміщувати, як правило, одну автодорогу, крім випадків, коли добудова двох паралельних автодоріг на різних рівнях спричинена крутим рельєфом. Ширину проїзду приймають мінімально необхідною для прокладання доріг і комунікацій, але не менше пожежної безпеки, що вимагається санітарними нормами. Шириною проїзду прийнято рахувати відстань між крайніми розбивочними осями будівель, що обмежують проїзд.

Сучасні підприємства мають розвинену мережу **інженерно-технічних комунікацій**, зокрема лінії електропостачання, зв'язку, водопроводу, каналізації, тепло-, газо-, паро- і повітропроводи, пневмо- і гідротранспорт тощо. Трасування інженерних комунікацій здійснюється відповідно до модульної координації території підприємства. Інженерні комунікації слід розміщувати так, щоб їх обслуговування, ремонт і заміна не перешкоджали нормальному функціонуванню транспортної мережі підприємства, не ускладнювали пішохідний рух і найменшим чином порушували впорядкування території. Забороняється вести безканальне підземне прокладання комунікацій під дорогами, тротуарами, під смугами висадки

дерев. Найбільш доцільніше для цих цілей використовувати смуги під газонами, які можна з відносно невеликими витратами відновити після ремонтних робіт на розкритих підземних комунікаціях. Перетини комунікацій з автомобільними дорогами та залізничними коліями слід проводити під кутом, близьким до 90°.

Слід прагнути одночасного прокладання різних інженерних комунікацій у підземних каналах з обслуговуванням через оглядові колодязі і на спеціальних естакадах.

Упорядкування території підприємства передбачає розбиття газонів, посадку дерев і чагарників, організацію місць для відпочинку на відкритому повітрі, спортивних майданчиків, розміщення малих архітектурних форм, засобів наочної агітації, добудову пішохідних тротуарів, майданчиків для індивідуального транспорту. Зелені зони на території підприємства покращують його архітектурно-художні якості, створюють умови для ефективного відпочинку на відкритому повітрі під час внутрішньозмінних і обідніх перерв, покращують мікроклімат і слугують захистом від несприятливих кліматичних впливів, від розповсюдження виробничих відходів.

Мінімальну площу ділянок озеленення на підприємстві слід приймати з розрахунку 3 м² на одного працівника найбільшої зміни. Задля підвищення густини забудови площа ділянок озеленення не повинна перевищувати 15% території підприємства.

Найбільш активно використовується озеленення в передзаводських зонах, уздовж основних пішохідних магістралей, біля адміністративно-побутових корпусів.

Всі вільні ділянки, що не мають твердого покриття, смуги уздовж огорожі підприємства рекомендується використовувати для розбиття газонів, що дозволяє захистити поверхню землі і уникнути пилу.

Мінімальні відстані між будівлями і зеленими насадженнями приймають 5 м – до осей стовбурів дерев і 1,5 м – до чагарників.

На підприємствах, де відсутні інтенсивне виділення пилу і аерозолів,

використовують декоративні басейни, фонтани, дощові пристрої, як елементи впорядкування. На ділянках, розташованих з навітряного боку щодо джерел шкідливих викидів, розміщують майданчики для відпочинку на відкритому повітрі і для занять спортом. Майданчики для відпочинку повинні бути з розрахунку до 1 м² на одного працівника в найбільшій зміні.

Розміри спортивних майданчиків: для гри в баскетбол – 28x16 м; волейбол – 24x15 м; бадмінтон – 15x8 м; городки – 30x15 м.

Спортивні майданчики і місця для відпочинку слід розміщувати поблизу їдалень і побутових корпусів, щоб забезпечити їх використання під час обідніх перерв.

Тротуари планують уздовж усіх магістральних і виробничих доріг, а також уздовж проїздів при інтенсивності руху по них більше 100 чол. у зміну. Ширину тротуару приймають з розрахунку 0,75 м на кожні 750 чоловік, працівників у найбільшій зміні, але не менше 1,5 м.

На ділянках з малою інтенсивністю пішохідного руху ширину тротуарів можна зменшувати до 1 м. Відстань від краю тротуару до осі нормальної залізничної колії приймають не менше 3,785 м, а за умови перевезення по залізниці гарячих вантажів – не менше 5 м. Відстань від краю тротуару до краю автодороги – не менше 0,8 м.

Допускається розміщення тротуарів упритул до проїжджої частини автодороги на підприємствах, що реконструюються. На ділянках значного скупчення людей, біля прохідних, адміністративно-побутових будівель проектують мощені майданчики з розрахунку 0,15 м² на одного працівника в найбільшій зміні, що відвідує прохідну або адміністративно-побутову будівлю.

На передзаводському майданчику розміщують стоянки для автомашин особистого користування з розрахунку 10 місць на 100 працівників у двох найбільших змінах і стоянки мотоциклів і велосипедів з розрахунку 100 місць на 1000 працівників. Площу одного місця для стоянки автомашини приймають 25 м², мотоцикла – 8 м², велосипеда – 0,9 м². Якщо режим роботи

підприємства допускає, то доцільно влаштовувати стоянки для велосипедів на території, безпосередньо біля цехових побутових приміщень. Це дозволяє істотно скоротити час переміщення працівників по території підприємства.

§ 1.5. Техніко-економічна оцінка генерального плану промислового підприємства

Критерії оцінки генерального плану підприємства повинні стимулювати раціональне економічне використання території.

Густота забудови – єдиний показник, що регламентується чинними нормами проектування генеральних планів промислових підприємств (СНіП 11-89-80):

$$k_l = (A_z/A_n) \cdot 100,$$

де A_z – площа забудови; A_n – площа підприємства.

Площа забудови містить: 1) майданчики під будівлями, виміряні по зовнішньому контуру зовнішніх стін на рівні планувальної відмітки землі; 2) площі проєкцій на горизонтальну поверхню тих надземних галерей і естакад, під якими не можуть бути розміщені інші будівлі; 3) площі під підземними резервуарами, льохами, тунелями, притулками, над якими не можуть бути розміщені наземні будівлі; 4) площі під навісами, погрузо-розвантажувальними пристроями, відкриті стоянки технологічного транспорту; 5) площі, зарезервовані для розміщення зазначених вище об'єктів.

До площі забудови не слід відносити площу відмосток біля будівель і споруд, а також площу стоянок особистого і суспільного пасажирського транспорту.

Площа підприємства містить всю територію підприємства в огорожі або за відсутності огорожі у відповідних їй умовних межах, як правило, по зовнішньому контуру будівель, розташованих по периметру майданчика підприємства, а також ділянка, зайнята залізничними коліями, що відносяться до підприємства, але розташовані за його межами.

До площі підприємств не відносять передзаводський майданчик, оскільки ця територія має подвійну приналежність. На ній розташовані об'єкти, що належать і підприємству, і населеному пункту. До площі забудови також не відносять ділянки, зайняті заводськими об'єктами, розташованими на передзаводському майданчику.

На підставі аналізу генеральних планів підприємств різних галузей промисловості нормами проектування встановлені диференційовані показники мінімальної густоти забудови. Найвищий показник $k_1 = 74\%$ встановлений для швейних фабрик при їх розміщенні в двоповерхових будівлях, а найнижчий $k_1 = 13\%$ – для автозаправних станцій при кількості до 200 заправок на добу. Для переробних підприємств, підприємств різних підгалузей машинобудування показник мінімальної густини забудови коливається від 45 до 65%. Для автомобільних заводів $k_1 = 50\%$.

Оцінка якості генерального плану за густиною забудови недостатньо враховує типологію будівель, насиченість робочою площею і не стимулює використання багатоповерхових будівель, що дозволяють найбільш економно витрачати земельні ділянки, що відводяться під промислову забудову.

Дефіцит земельних ділянок найгостріше відчувається у великих містах-мегаполісах, де досить дорого коштує інженерне освоєння території.

Тому в Нормам планування визначені показники **ефективності використання майданчиків промислових підприємств** k_2 , що характеризують мінімально допустиму загальну розгорнену площу будівель і споруд A_0 на 1 га території підприємства ($\text{м}^2/\text{га}$):

$$k_2 = A_0/A_n$$

Нижче наводяться показники ефективності використання території k_2 , встановлені для різних галузей промисловості.

Підприємства з виробництва	Значення k_2 , $\text{м}^2/\text{га}$
Хліба	8 500
Пива і безалкогольних напоїв	10 000
М'яса	13 000
Молока	8 500

Загальна площа виробничих і підсобно-виробничих будівель визначається як сума площ всіх поверхів галерей, ярусів етажерок, майданчиків антресолей і рамп, за винятком площ відкритих отворів і шахт, над підвісними стелями, технічного підпілля заввишки не більше 1,8 м, майданчиків, призначених тільки для прокладання, огляду і ремонту комунікацій, світильників і інших пристроїв, майданчиків для обслуговування підкранових шляхів і для машиністів, які обслуговують крани.

Загальна площа адміністративно-побутових будівель визначається як сума площ, що вимірюються в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін всіх поверхів, тамбурів, сходових площадок і переходів в інші будівлі. До загальної площі не повинні відносити площі шахт, технічного підпілля заввишки не більше 1,8 м і приміщень над підвісними стелями, призначеними для розміщення, огляду та ремонту комунікацій світильників і інших пристроїв.

Спільне використання коефіцієнтів k_1 і k_2 , наприклад, для оцінки генерального плану взуттєвої фабрики ($k_1 = 50\%$, $k_2 = 19\ 000\ \text{м}^2/\text{га}$) дає підставу для вживання виробничих будівель з кількістю поверхів не меншою чотирьох.

Для оцінки окремих складових генерального плану підприємства використовуються такі показники: площа доріг і майданчиків з твердим покриттям (м^2); площа озеленення (м^2); площа території, що використовується; загальна площа забудови, доріг і майданчиків і залізничних колій. Площа, займана залізничними коліями, визначається як добуток довжини дороги на 5 м.

Коефіцієнт використання території – процентне відношення площі території, що використовується, до величини майданчика.

Істотним недоліком прийнятої методики оцінки генеральних планів є те, що ділянки, зайняті зовнішніми комунікаціями, транспортними й енергетичними об'єктами, розташовані зовні основної території

підприємства, як правило, не враховуються при підрахунку техніко-економічних показників.

Основний резерв скорочення території підприємств спрямований на вдосконалення технології, вживання більш ефективного компактного устаткування, маневрового транспорту, раціональної організації виробництва.

Вживання досконалішої технології та організації виробництва дозволило в першому випадку майже в півтора рази зменшити територію заводу, а показники густини забудови залишилися приблизно рівними.

Для обґрунтованої оцінки генерального плану необхідно враховувати результат кінцевої діяльності, використовуючи показники витрати площі підприємства, віднесені до продуктивності, потужності, кількості продукції, що випускається.

Використання цих показників дозволить обґрунтовано підійти до виділення майданчиків для промислового будівництва.

Грамотний вибір майданчика для будівництва переробного підприємства визначає мікроклімат території заводу та заводських приміщень.

В кінці розділа приведемо генеральний план та специфікацію всіх приміщень Вінницького олійно-жирового комбіната (рис. 1.1, таблиця 1.1).

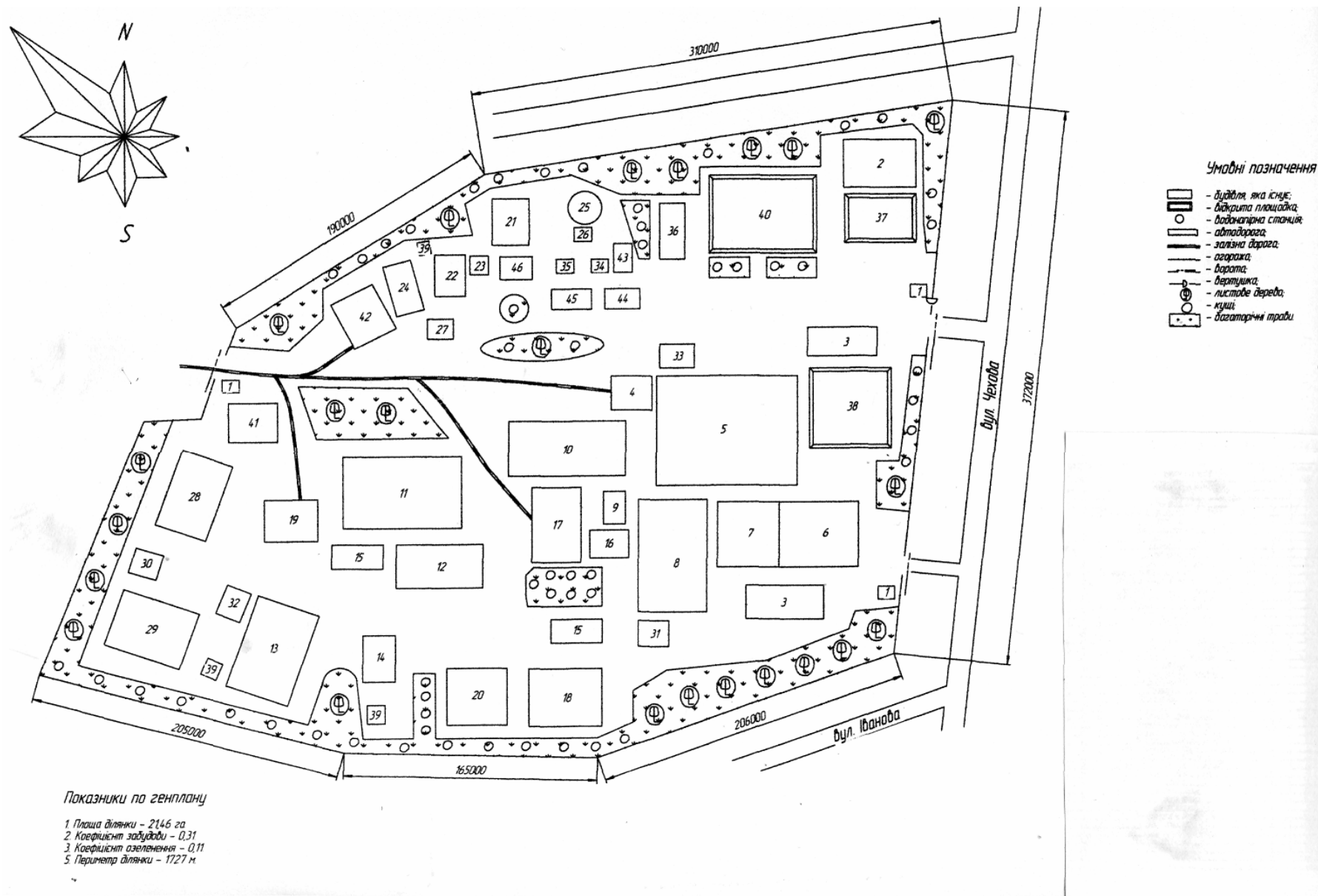


Рис. 1.1. Генеральний план базового ВАТ «Вінницький олієжиркомбінат»

Таблиця 1.1

Експлікація будівель і споруд Вінницького олієжиркомбіната

№ по ген-плану	Назва будівлі (споруди)	Кількість споруд	Площа заду-дови, м ²
1	Контрольно-пропускний пункт	3	20,0
2	Офіс	1	250,0
3	Автомобільні вази	2	218,0
4	Приймальна установка зерна з з. д. і автотранспорту	1	272,0
5	Склад сировини	1	1134,0
6	Шеретувально-віяльний цех	1	412,0
7	Фарпресовий цех	1	226,0
8	Екстракційний цех	1	350,0
9	Склад зберігання олії	1	50,0
10	Дільниця Alfa Laval	1	326,0
11	Дільниця рафінування та дезодорування жирів та олії	1	464,0
12	Дільниця розфасування жиру в коробки	1	284,0
13	Дільниця гідрогенізації жирів та олії	1	368,0
14	Відділ аміачно-компресорних установок	1	162,6
15	Ремонтно-механічна дільниця	2	86,0
16	Дільниця фасування олії	1	69,6
17	Склад готової продукції	1	228,0
18	Склад шроту	1	252,0
19	Матеріальний склад	1	146,0
20	Склад маргпродукції та заготівлі тари	1	210,0
21	Ремонтно-механічний цех	1	186,0
22	Котельня	1	180,0
23	Дільниця теплопостачання	1	50,0
24	Теплоенергетична станція	1	180,0
25	Водонапірна башня	1	166,0
26	Дільниця водопостачання	1	53,4
27	Енергодільниця	1	84,0
28	Автотранспортний цех	1	240,0
29	Дільниця виробництва мила	1	250,0
30	Дільниця виробництва водню	1	68,0
31	Лабораторія екстракційного заводу	1	62,0
32	Лабораторія гідрогенізаційного заводу	1	62,0
33	Лабораторія КПВ та А	1	62,0
34	Відділ охорони праці та техніки безпеки	1	54,0
35	Дільниця пожежної безпеки	1	54,0
36	Ідальня	1	150,0
37	Стоянка машин	1	350,0
38	Стоянка машин	1	500,0
39	Сміттєзбірники	3	10,0
40	Майданчик для відпочинку	1	480,0
41	Залізнодорожний цех	1	220,0
42	Цистерни з мазутою	1	210,0
43	Медпункт	1	88,0
44	Технологічний відділ	1	120,0
45	Технічний відділ	1	120,0
46	Автозаправка	1	48,0

§ 1.6. Реконструкція переробного підприємства

Переробні підприємства України в своїй більшості використовують застарілі енергозатратні технології і потребують реконструкції основного обладнання та механізмів.

З другої сторони будівлі переробних підприємств будувались 50-100 років, вони не зручні для сучасних технологій, а конструктивні рішення огорожувальних елементів застарілі, енергозатратні та важкі, а тому теж потребують реконструкції.

Для реконструкції переробного підприємства потрібно зробити обстеження всіх елементів будинків, які підлягають реконструкції. Це має право робити організація, яка має ліцензію на ці види робіт. Обстеженню підлягають фундаменти, всі несучі конструкції, всі огорожувальні конструкції, вікна, двері, підлоги та покрівлі.

Матеріали обстеження передаються проектній організації на розробку проекту реконструкції переробного підприємства. Проектна організація повинна мати ліцензію на виконання проектних робіт переробної галузі.

Основними напрямками реконструкції переробних підприємств є використання сучасних легких металевих несучих конструкцій, використання сучасних легких, теплих та зручних в експлуатації огорожувальних конструкцій та сучасних вікон та дверей. Для зовнішнього опорядкування потрібно використовувати сучасні матеріали, вони довговічні та міцні.

При реконструкції переробних підприємств потрібно передбачати створення здорового нормативного мікроклімату виробничих приміщень з сучасною вентиляцією та кондиціонуванням повітря.

Розділ II. БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОТЕХНІКА

§ 2.1. Санітарно – гігієнічні передумови теплообміну

Людина більше 80% свого життя проводить у приміщеннях: будинку, на роботі, у суспільних будинках і в транспорті. Її здоров'я, самопочуття, працездатність переважно визначаються рівнем комфорту приміщень.

В організмі людини виробляється значна кількість тепла. Величину виробленої людським організмом енергій фізіологи визначають кількістю використаного кисню.

Основними складовими тепловіддачі людського тіла є конвекції випромінювання (радіація), теплопровідність і випаровування. Конвективна тепловіддача становить приблизно 32-35% усієї тепловіддачі; кількість тепла, що віддається шляхом випромінювання, – 42-44%; на частку випару припадає приблизно 10-15%. Тепло, що віддається шляхом теплопровідності, дуже незначне і, як правило, не враховується. Деяка частина тепловіддачі відбувається при видиханні повітря (нагрівання і випар повітря) і за рахунок конвекції при контакті тіл з поверхнями (наприклад підвіконня, столу тощо).

Інтенсивність радіації, як основна складова тепловіддачі з поверхні шкіри людини, головним чином пов'язана з температурою навколишніх поверхонь і особливо температурою поверхні зовнішніх стін.

Конвективна тепловіддача від тіла повітря відбувається в результаті переміщення повітря в просторі і залежить від температури та швидкості руху повітря. Тепловіддача шляхом випаровування пов'язана з параметрами повітряного середовища: вологістю, температурою та швидкістю руху повітря.

Організм людини випаровує приблизно 800-1000 мл вологи на добу (на 1 м води витрачається 2400Дж тепла). При температурах повітря вищих температури шкіри людини кількість вологи, що випаровується, зростає. Потовіддача починається при температурі навколишнього повітря 28...29°C і при температурі вище 34°C є єдиним способом тепловіддачі організму.

Для розрахунків різних способів тепловіддачі доцільно було б використати загальне рівняння теплового балансу людини:

$$Q = M - (\pm W \pm Q_{\text{вип}} \pm Q_p \pm Q_k) \quad (2.1)$$

де Q – надлишок або недостача тепла в організмі людини;

M – тепло, яке виділяється організмом людини за кількістю спожитого кисню (залежить від фізичної діяльності людини);

W – тепловий еквівалент механічної роботи;

$Q_{\text{вип}}$ – тепловіддача шляхом випаровування;

Q_p – радіаційна тепловіддача;

Q_k – конвективна тепловіддача.

З виразу (2.1) очевидно, що якщо кількісне значення правої частини додатне, то температура тіла підвищується, людині стає жарко, а якщо це значення від'ємне, то температура тіла зменшується і людині стає холодно. При тепловому балансі ($Q=0$) тепловідчуття людини сприятливе. Залежно від сприйняття й адаптації людини до клімату місцевості, пори року, віку, виду одягу і стану здоров'я терморегуляція (людина – повітряне середовище) змінюється у певних межах. Усе це необхідно враховувати при розробці архітектурно-конструктивних рішень будинків і приміщень, особливо при виборі зовнішніх конструкцій: стін, віконних і балконних заповнень, вхідних вузлів, покриттів, а також систем інженерного устаткування.

Фізичний стан повітряного середовища приміщення залежить від таких основних параметрів, як температура, відносна вологість і чистота.

Навколишнє середовище у якому відсутні подразнюючі і збуджуючі фактори, що заважають фізичній чи розумовій роботі або відпочинку, називають комфортним.

Фізико-динамічна модель комфорту дає змогу визначити такі поняття, як свіжість, здатність пізнання навколишніх умов. У цій моделі навколишні умови розглядаються як єдине ціле і встановлюється зв'язок між комфортом і роботою або відпочинком. Так, наприклад, для людини на пляжі високий рівень сонячної радіації цілком комфортний, хоч такий самий рівень

сонячної радіації несприятливий для людини, яка працює в приміщенні із численною склистістю.

Свіжість — термін, який визначає стан навколишнього середовища, коли людина відчуває силу та бадьорість. Це поняття може бути пов'язане з кольором, температурою, рухомістю, відносною вологістю, чистотою, запахом, іонним складом повітряного середовища тощо.

Вимоги до фізичного стану навколишнього середовища, коли відчуваєш «свіжість», такі:

- а) температура в приміщенні повинна бути настільки низькою, наскільки дозволяють умови комфорту;
- б) рухомість повітря в приміщенні повинна відповідати нормам рухомості без локальних протягів;
- в) швидкість і напрямок руху повітря у приміщенні мають бути змінними;
- г) відносна вологість повітря не повинна перевищувати 70%;
- д) температура на рівні голови людини повинна бути на 2...3°C нижча від температури біля ніг; на голову не повинне діяти радіаційне тепло;
- е) повітря не повинно мати запаху.

§ 2.2. Фактори комфорту

Основними факторами, що впливають на умови перебування людини в приміщенні, є середня температура повітря в приміщенні; середня температура всіх поверхонь, що обмежують приміщення; вологість і швидкість руху повітря. Певний вплив на умови середовища для людини роблять і інші гігієнічні параметри повітря в приміщенні або в його окремих зонах (чистота, інсоляція тощо).

У процесі проектування звичайно користуються узагальненими даними (в основному про температурно-вологісний режим приміщень). Швидкість руху повітря в приміщенні, що у холодний період з гігієнічних розумінь обмежується, враховують головним чином у літній період року, при

можливому перегріві приміщень.

За вихідні дані для характеристики ймовірного температурно-вологісного стану проєктованих приміщень звичайно приймають кількість тепла та вологи, що надходять до них під час експлуатації.

Переважає більшість цивільних будинків відноситься до категорії з незначними виділеннями тепла та вологості. Виробничі приміщення переробної промисловості навпаки, характеризуються значними технологічними виділеннями тепла, вологи та забрудненням повітря. Крім того, у виробничих і ряді громадських будівель діяльність людей може носити різний фізичний характер (легкий, середній і важкий), і це певним чином позначається на температурно-вологісному режимі експлуатації приміщень.

У будівельній теплотехніці прийнята певна градація характеристик тепло- і вологісного режиму у приміщеннях. Так, за величиною тепловиділення розрізняють приміщення з незначними (до 23 Вт/м^3) та значними надлишками тепла (більш 23 Вт/м^3). За величиною вологовиділення режим приміщень вважають сухим, при значеннях відносної вологості $\varphi_v < 50\%$; нормальним при $\varphi_v = 50-60\%$; вологим при $\varphi_v = 61...75\%$; мокрим при $\varphi_v > 75\%$.

Конвективне поширення тепла та перенесення вологи в приміщенні пов'язані з нерівномірним розподілом тиску в його окремих зонах із природними потоками повітря. Великий вплив на розподіл температури та вологості мають розташування джерел виділень тепла в плані й об'ємі приміщення або в системі комплексу суміжних не ізольованих приміщень.

Оскільки переважна кількість тепла виділяється людським організмом шляхом випромінювання, найважливішого гігієнічного значення набуває середня температура поверхонь, що обмежують приміщення (радіаційна температура).

Щодо комфорту, то дослідження, проведені у Швейцарії в п'ятнадцяти великих конторських приміщеннях, показали, що більшість опитаних людей віддали перевагу температурі $22...24^\circ\text{C}$. Температура захисних конструкцій

відрізнялась від температури повітря не більш ніж на 2%, за винятком температури вікон, яка в теплий період року досягала 30...50°C. У країнах Арабського Сходу сприйнятлива температура за кульовим термометром 31...38°C, тоді як в Англії – 18...23°C; в Україні – 16...25°C (залежно від виду робіт і кліматичного району).

Термічний опір живої тканини залежить від кількості крові, що тече під поверхнею шкіри. З пониженням температури навколишнього середовища шкіра охолоджується, внаслідок чого кров'яні судини поблизу неї звужуються, що спричиняє скорочення кількості крові, яка тече по них, і зменшення тепловтрат тілом людини. Під час підвищення температури навколишнього середовища процес проходить у зворотному напрямку і супроводжується підведенням до поверхні тіла більшої кількості крові, завдяки чому збільшується тепловіддача людини.

Для нормальної життєдіяльності та гарного самопочуття людини повинен бути тепловий баланс між теплотою, яка віддається в навколишнє середовище й отримується з нього.

Повітрообмін приміщень може бути здійснений природним або штучним способами. Кількісну сторону повітрообміну приміщень прийнято оцінювати його кратністю. Під кратністю повітрообміну маємо на увазі відношення об'єму повітря, що поступає в приміщення протягом години до об'єму приміщення. Нормовані значення кратності повітрообміну беруть із відповідних нормативних документів.

Організований і керований повітрообмін, або аерація, звичайно використовуються у виробничих будинках зі значними витратами тепла й тоді, коли концентрація пилу та небезпечних газів у повітрі, що надходить, не перевищує 30% гранично допустимої у робочих зонах. Ефективність аерації залежить від багатьох факторів: виду будинку (одноповерхові, багатоповерхові, однопрогонні тощо), температурного розшарування повітря за висотою приміщень, площі та способів розміщення приточних і витяжних прорізів, пори року, відсутності або наявності вітру, його напрямків тощо.

Штучний спосіб повітрообміну або механічну вентиляцію застосовують переважно для приміщень, у яких не допускається змін температури та вологості повітря.

Оптимальні параметри мікроклімату приміщень забезпечують комплексні заходи: забезпечення теплоізованих властивостей захисних конструкцій у зимовий період, запобігання можливого перегріву в літній період, використання ефективних систем опалення і вентиляції тощо. Ці завдання вирішують з урахуванням особливостей клімату місцевості, рельєфу й інших місцевих умов будівництва.

Відносна вологість. На основі опитування ряду службовців встановили, що при температурі понад 22°C відносна вологість не повинна перевищувати 50%. Дані інших досліджень також підтверджують, що із зростанням температури відносна вологість повинна зменшуватись.

Рухомість повітря. Рухомість повітря в приміщенні виникає внаслідок природної конвекції, інфільтрації, роботи системи повітряного опалення (СО), системи вентиляції (СВ) чи кондиціонування повітря (СКП). Для забезпечення рухомості повітря в заданих комфортних межах застосовують СКП, СВ і СО. Якщо повітряний потік спрямований на потилицю людини, то його швидкість не повинна перевищувати 0,15 м/с. Під час виконання фізичної роботи людина нормально сприймає швидкість повітря до 0,5 м/с; під час дії змінного в просторі і часі повітряного потоку людина задовільно переносить вищі і короткочасно діючі швидкості повітря.

Іонізація. У зовнішньому повітрі переважають негативно заряджені іони: відношення кількості позитивно заряджених іонів до негативно заряджених змінюється від 1:1 до 1:5 при середньому значенні 1:2. У внутрішньому повітрі це відношення становить 4:1. Всередині приміщенні бажано мати меншу концентрацію позитивно заряджених іонів; перевага надається вищій концентрації негативно заряджених іонів. Помічено, що в умовах лікувального закладу негативно заряджені іони сприятливо впливають на здоров'я людини.

§ 2.3. Нормативні вимоги до мікроклімату приміщень

Під мікрокліматом приміщень мають на увазі сукупність параметрів повітряного та вологісного режимів. Основна вимога до мікроклімату – підтримання сприятливих умов перебування людей в приміщенні.

Інтенсивність тепловіддачі людини залежить від мікроклімату приміщення, що характеризується температурою внутрішнього повітря t_e , радіаційною температурою приміщення t_R , рухомістю v_e і відносною ϕ_v повітря. Поєднання цих параметрів мікроклімату, при яких зберігається теплова рівновага в організмі людини та відсутнє напруження в її системі терморегулювання, називають комфортними або оптимальними.

Крім оптимальних у приміщенні підтримують допустимі поєднання параметрів мікроклімату, за яких людина відчуває невеликий дискомфорт, що не спричиняє змін в організмі людини.

Умови комфортності:

1. Визначають такі поєднання t_e і t_R , при яких людина, що перебуває в центрі робочої зони, не відчуває ні перегріву, ні переохолодження. Для людини у стані спокою $t_e = 21...23^{\circ}\text{C}$, при легкій роботі $19...20^{\circ}\text{C}$, при важкій – $14...16^{\circ}\text{C}$.

2. Визначають допустимі температури нагрітих і охолоджених поверхонь під час перебування людини у безпосередній близькості від них і тому обмежує інтенсивність променевого теплообміну. Температура поверхні підлоги в ХПР може бути на $2...2,5^{\circ}\text{C}$ нижчою за температуру повітря приміщення внаслідок високої чутливості ніг до переохолодження, але не вищою $22...34^{\circ}\text{C}$ залежно від призначення приміщень. Основні нормативні вимоги до мікроклімату наведено в санітарних нормах і Державних галузевих стандартах (ДГСТ). Під час визначення розрахункових метеорологічних умов у приміщенні враховується здатність людського організму до акліматизації у різні періоди року, інтенсивність роботи і характер тепловиділення в приміщенні.

Розрахункові параметри повітря приміщення нормуються залежно від

періоду року й інтенсивності праці людей, які перебувають в приміщенні. Розрізняють три періоди року: теплий (ТПР), холодний (ХПР) і перехідний (ППР). Холодний період року характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря (t_z) нижчою $+8^{\circ}\text{C}$, теплий – t_z вище $+8^{\circ}\text{C}$ і перехідний – $t_z = +8^{\circ}\text{C}$. За інтенсивністю праці всі види робіт поділяються на три категорії: легкі, середньої важкості та важкі з витратою енергії, відповідно до 172 Вт 172...293Вт і більше 293 Вт.

Залежно від інтенсивності очевидних тепловиділень розрізняють три групи приміщень: виробничі приміщення з незначними очевидними теплонадлишками (до 23Вт/м^3); виробничі приміщення зі значними очевидними теплонадлишками (понад 23Вт/м^3); житлові, громадські та адміністративно-побутові приміщення при будь-яких значеннях надлишків явної теплоти. Причому під останньою розуміють теплоту, що надходить в приміщення від обладнання, нагрітих матеріалів, людей, сонячної радіації та інших джерел теплоти конвекцією та випромінюванням.

Задля забезпечення здорових санітарно-гігієнічних умов у холодний період діючими нормами суворо регламентують значення різниці між розрахунковою температурою повітря в приміщенні та температурою внутрішньої поверхні захисних конструкцій.

Так, для зовнішніх стін житлових, лікувально-профілактичних, дитячих і шкільних закладів ця різниця не повинна перевищувати 4°C , а для покриттів і горищних перекриттів – не більше 3°C . У виробничих будинках нормований температурний перепад допускається до $7\text{...}12^{\circ}\text{C}$, а у приміщеннях будинків усіх видів з вологим або мокрим режимом – у межах значення $(t_e - \tau_p)$, де t_e – розрахункова температура внутрішнього повітря в приміщенні, τ_p – температури точки роси при розрахункових значеннях температури і відносної вологості внутрішнього повітря.

Розрахункові значення температури і вологості повітря в приміщенні приймають відповідно до ДСТУ і норм проектування відповідних будинків і споруд. Ці нормативи допускають відхилення від оптимальних значень

залежно від особливостей: ступеня вологості і тепла під час експлуатації; клімату місцевості та ін.

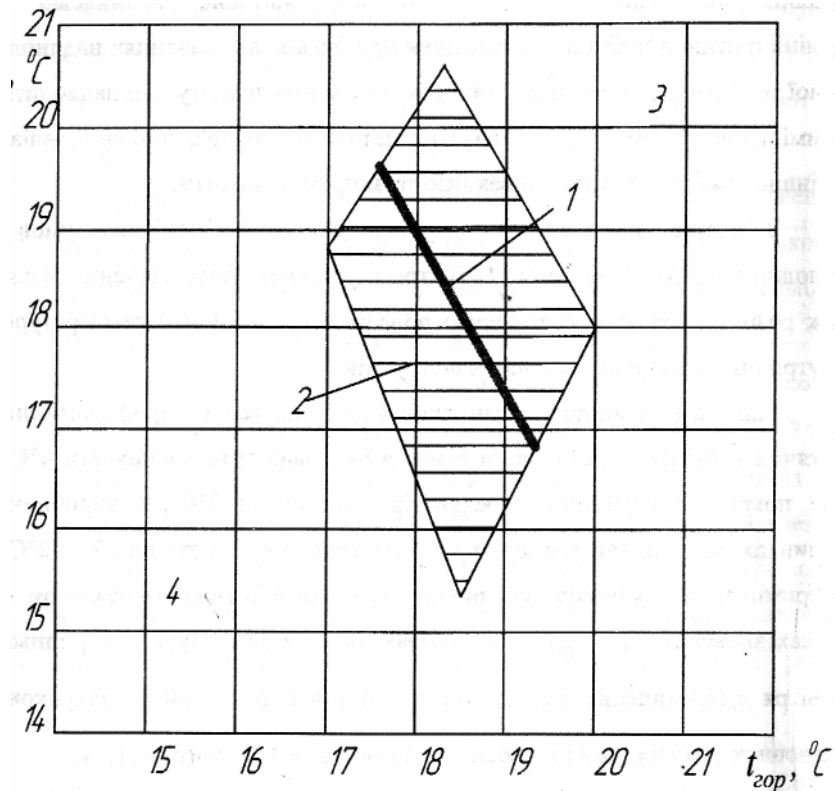


Рис. 2.1 – Область температур, що забезпечує комфортний тепловий стан людини в опалюваному приміщенні:

1 – лінія розмежування; 2 – зона припустимих відхилень; 3 – зона можливого перегріву; 4 – зона можливого охолодження.

Для житлових приміщень, за даними інституту житла у якості розрахункових значень температури, відносної вологості й інших основних параметрів рекомендованих значень наведено в табл. 2.1.

Для громадських і виробничих приміщень розрахункові значення температури та вологості внутрішнього повітря беруть залежно від особливостей функціональних і виробничо-технологічних процесів.

Таблиця 2.1

Основні параметри мікроклімату, що рекомендуються для житлових приміщень

Параметри мікроклімату	Кліматичні райони			
	I	II	III	IV
<i>Зимовий період</i>				
Температура повітря, °С	21-22	18-20	18-19	17-18
Відносна вологість повітря, %	30-45	30-45	35-50	35-50
Швидкість руху повітря, м/с	0,08-0,1	0,08-0,1	0,08-0,1	0,08-0,1
Середня температура внутрішніх поверхонь у приміщенні, °С, не нижче	21	18	18	17
<i>Літний період</i>				
Температура повітря, °С	23-24	23-24	25-26	25-26
Відносна вологість повітря, %	35-50	35-50	35-60	30-60
Швидкість руху повітря, м/с	0,08-0,1	0,08-ОД	0,1-0,15	0,1-0,15
Середня температура внутрішніх поверхонь у приміщенні, °С, не нижче	26	27	28	30

Оптимально допустимі метеорологічні умови встановлюються БНіП і ДГСТ. У ХПР оптимальна температура повітря становить для легкої роботи – 20...23°С, для роботи середньої важкості – 17...20°С, для важкої роботи – 16...18°С; допустимі температури становлять, відповідно, 19...25°С, 15...23°С і 13...19°С. Для ТПР оптимальні температури повітря для зазначених категорій робіт становлять, відповідно, 22...25, 21...23 і 18...21°С. Максимально допустима температура повітря в робочій зоні становить 28°С і лише при розрахунковій температурі зовнішнього повітря вище 25°С допускається до 33 °С.

Оптимальні значення відносної вологості 40...60 %. Оптимальні швидкості повітря в приміщенні для ХПР беруться 0,2...0,3 м/с, а для ТПР 0,2...0,5 м/с.

У ТПР метеорологічні умови не нормуються у приміщеннях житлових будинків, а також в громадських, адміністративно-побутових виробничих приміщеннях в періоди, коли вони не використовуються і в неробочий час.

§ 2.4. Розрахункові кліматичні умови для проектування систем забезпечення мікроклімату

Необхідний мікроклімат приміщень створюється системами інженерного обладнання будинків: опаленням, вентиляцією, кондиціонуванням повітря.

Для ХПР головними параметрами клімату є температура зовнішнього повітря t_z і швидкість вітру v_z .

Визначення розрахункових зовнішніх умов для ХПР переважно полягає у встановленні розрахункового поєднання t_z і v_z з урахуванням заданого коефіцієнта забезпеченості $K_{заб}$, який показує у частинах одиниці або у процентах кількість випадків n , коли недопустиме відхилення від розрахункових умов.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря на основі даних метеоспостережень наводяться в ГОСТ або СНіП. Згідно з СНіП клімат холодного та теплого періодів року для різних населених пунктів характеризується двома розрахунковими категоріями параметрів зовнішнього повітря: А і Б.

Для розрахунку системи вентиляції цивільних і виробничих приміщень у теплий період року як розрахункові приймають параметри категорії А, для СКП – параметри категорії Б, а для СО, СВ і СКП у холодний період року – параметри категорії Б.

Для СВ будинків сільськогосподарського призначення для ТПР і ХПР приймають розрахункові параметри категорії А, а для СО і СВ – розрахункову температуру зовнішнього повітря $+8^{\circ}\text{C}$.

Розрахунок СО на абсолютно мінімальну температуру, яка спостігається раз у декілька років, причому протягом короткого періоду часу, економічно недоцільний. Короткочасне різке пониження температури зовнішнього повітря, завдяки теплоакумулювальній здатності будівельних конструкцій і меблів у приміщенні, не призводить до помітних змін температури внутрішнього повітря.

Згідно зі СНіП тривалість опалювального періоду залежить від кількості днів з середньодобовою температурою $+ 8^{\circ}\text{C}$ і нижче. Однак експлуатаційна практика показала, що потреба в опаленні житлових і громадських будинків виникає, коли температура зовнішнього повітря нижча $10...12^{\circ}\text{C}$.

Під час проектування СО виробничих будівель необхідно врахувати, що початок і кінець опалювального періоду цих будинків визначається зовнішньою температурою, за якої тепловтрати через захисні конструкції стають рівними внутрішнім тепловиділенням. Для переважної кількості випадків тривалість опалювального періоду у виробничих будівлях коротша, оскільки тепловиділення в них можуть бути великими.

§ 2.5. Конструктивні рішення захисних елементів з підвищеними теплозахисними властивостями

Переважаюча більшість традиційних конструктивних рішень зовнішніх стін і покриттів будинків нині не повністю задовольняють вимоги до енергозбереження, що постійно зростають.

Застосування одношарових стін і покриттів з легких бетонів можна вважати прийнятним лише в районах будівництва з невеликими значеннями градусо-днів опалювального періоду (ГСОП) і лише в будинках з сухим і нормальним режимами експлуатації.

Перспективнішим варто вважати багатошарові захисні конструкції, у яких чітко розділені несучі, захисні та теплоізолювальні функції кожного шару. Істотний ріст рівня теплозахисту в цих конструкціях може бути забезпечений за рахунок незначного збільшення товщини ефективного утеплювача, що має малу величину коефіцієнта теплопровідності ($\lambda = 0,04...0,1 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$). Застосування ефективного утеплювача дозволяє успішно вирішувати задачу значного поліпшення теплозахисту без помітного збільшення маси конструкцій і витрат енергоємних матеріалів. Порівняно з керамзитобетоном або глиняною цеглою використання ефективних

утеплювачів вимагає набагато менше витрат енергії на своє виготовлення, транспортування та монтаж.

Досить ефективні в енергоекономічних будинках удосконалені багатошарові захисні конструкції, функціональні можливості яких розширені шляхом введення до їх складу ефективних шарів у вигляді замкнутих і вентильованих повітряних прошарків, відбивальних плівок і пластин, селективних покриттів тощо. Їх ефективність пов'язана з раціональним розташуванням конструктивних шарів, з використанням конструктивних рішень щодо утилізації тепла, яке іде з повітрям з приміщень, а також пасивного використання сонячної енергії.

§ 2.6. Тепловий режим будинків. Розрахунок тепловитрат приміщень

У ХПР (холодний період року) приміщення втрачає тепло через зовнішні конструкції. Теплота приміщення витрачається також на нагрівання повітря, яке інфільтрується через зовнішні захищення або надходить через прорізи дверей чи воріт, на нагрівання матеріалів, транспортних засобів, виробів, одягу, які холодними потрапляють з вулиці у приміщення. Окрім цього, технологічні процеси можуть бути пов'язані з випаровуванням рідин, що супроводжується витратами теплоти приміщення. З іншого боку, теплота надходить у приміщення від технологічного обладнання, джерел штучного освітлення, нагрітих матеріалів і виробів, від людей, які перебувають у приміщенні тощо.

Сумування всіх складових надходжень і втрат теплоти в тепловому балансі приміщення визначає дефіцит або надлишок теплоти. Дефіцит теплоти вказує на необхідність встановлення у приміщенні систем опалення (СО).

Теплову потужність СО будинку з негерметичними вікнами, наприклад, житлового, можна визначити, сумуючи баланс втрат теплоти окремих приміщень для ХПР, у вигляді:

$$Q_{co} = Q_{зах} + Q_{інф} - Q_{побут}, Вт \quad (2.2)$$

де $Q_{\text{зах}}$ – тепловтрати через захищення приміщення, Вт; $Q_{\text{інф}}$ – тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, Вт; $Q_{\text{побут}}$ – регулярний тепловий потік, який надходить в кімнату і кухні житлових будинків, Вт, ($Q_{\text{побут}} = 21 \text{ Вт/м}^2$ підлоги).

Теплову потужність СО будинку з герметичними вікнами можна визначити за таким тепловим балансом:

$$Q_{\text{со}} = Q_{\text{зах}} + Q_{\text{вент}} - (Q_{\text{побут}} + Q_{\text{утиліз}}), \text{ Вт} \quad (2.3)$$

де $Q_{\text{вент}}$ – втрати теплоти на нагрівання припливного вентиляційного повітря (кількість вентиляційного зовнішнього повітря приймають з розрахунку однократного повітрообміну за годину), Вт; $Q_{\text{утиліз}}$ – кількість теплоти, утилізованої з викидного вентиляційного повітря, Вт.

З урахуванням теплоти сонячної радіації тепловий баланс набуде вигляду:

$$Q_{\text{со}} = Q_{\text{зах}} + Q_{\text{вент}} \sim (Q_{\text{побут}} + Q_{\text{утиліз}} + Q_{\text{рад}}), \text{ Вт}, \quad (2.4)$$

де $Q_{\text{рад}}$ – розрахункова кількість теплоти сонячної радіації, що надходить у приміщення будинку, Вт.

Розрахункова теплота потужності СО повинна відповідати максимальному дефіциту теплоти.

Для промислових будинків теплову потужність СО визначають у межах найменших теплонадходжень. Для цього враховують розподіл температури по висоті приміщення, тепловтрати на нагрівання повітря, яке надходить через прорізи воріт і технологічні прорізи зовнішніх захищень, тепловтрати на нагрівання матеріалів, транспортних засобів тощо.

Тепловтрати через окремі зовнішні захищення завдяки теплопередачі визначають за формулою:

$$Q_{\text{зовн}} = (1/R_{\text{з}}^{\phi}) \cdot (t_B - t_{\text{х5}}) \cdot n \cdot F \cdot \eta, \text{ Вт}, \quad (2.5)$$

де: t_B – розрахункова температура в приміщенні, °С;

$t_{\text{х5}}$ – температура холодної п'ятиденки для району будівництва, °С;

n – корелюючий коефіцієнт на різницю температур ($n < 1$);

F – площа захищення, через яку втрачається теплота, м^2 ;

η – коефіцієнт, який враховує додаткові тепловтрати;

R^{ϕ}_3 – фактичний загальний термічний опір теплопередачі захищення, $\text{м}^2 \text{ К/Вт}$.

Тепловтрати $Q_{\text{зах}}$ дорівнюють сумі втрат теплоти через зовнішні захищення приміщення, а також втрат та надходжень теплоти через внутрішні захищення ($Q_{\text{зах}} = Q_{\text{зовн}} \pm Q_{\text{вн}}$); $Q_{\text{вн}}$ враховують, якщо температура повітря у сусідніх приміщеннях нижча або вища за 3°C і більша від температури у даному приміщенні.

Додаткові втрати теплоти враховують як процент додавання до основних тепловтрат:

- на орієнтацію зовнішніх захищень за сторонами горизонту. Приймають для всіх вертикальних і похилих до вертикалі зовнішніх захищень;

- на кутові приміщення. Враховують 5% додавання до основних тепловтрат зовнішніх вертикальних захищень;

- на проникання холодного повітря через прорізи дверей і воріт, які не обладнані повітряно-тепловою завісою, тамбуром чи шлюзом. У промислових будинках для воріт без тамбура та шлюза, якщо вони відкриті менше 15 хв. на годину, доданок приймають 300%. У громадських будинках з пропускною здатністю 500...600 людей за годину доданок приймають 500%. Оскільки це додавання значне, то задля його зменшення будинки необхідно обладнувати тамбуром, шлюзом або обертовими дверима;

- на висоту. Враховують для приміщень громадських будинків висотою понад 4 м. Розрахункові значення тепловтрат всіх зовнішніх захищень збільшують на 2% на кожен метр висоти, що перевищує 4м, але не більше 15%. Сходові приміщення – це переважно високі приміщення, тому для зменшення тепловтрат їх доцільно зонувати (розбивати на ізольовані за висотою зони).

§ 2.7. Втрати теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря

Інфільтрація зовнішнього повітря відбувається під впливом вітрового та гравітаційного напорів або розрідження, яке створюється у приміщенні під час роботи систем вентиляції.

Інфільтраційні тепловтрати визначають за формулою:

$$Q_{inf} = 0,278 \cdot G_{inf} \cdot c_p \cdot (t_e - t_{x5}), \text{ Вт}, \quad (2.6)$$

де G_{inf} – кількість повітря, що інфільтрує за одиницю часу у приміщення через нещільності зовнішніх захищень, кг / год.;

c_p – питома теплоємність повітря ($c_p = 1,005$ кДж/(кг·К));

t_{x5} – температура найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченістю 0,92°C.

Кількість інфільтраційного повітря, яке надходить у приміщення через зоповнення світлових прорізів вікон і балконних дверей внаслідок їх повітропроникності, визначають за формулою:

$$Q_{inf}^{sik} = A_e \cdot F_e \cdot \Delta p^{2/3} / R_i, \text{ кг/год}, \quad (2.7)$$

де A_e – коефіцієнт, що враховує вплив зустрічного теплового потоку для вікон з роздільними рамами $A_v = 0,8$, із спареними рамами $A_v = 1$;

F_e – розрахункова площа віконних прорізів, м²;

Δp – різниця тисків повітря на зовнішній (навітрений) і внутрішній поверхнях світлового прорізу, Па;

R_i – опір повітропроникнення світлових прорізів, м²/год·Па^{2/3}/кг.

Для будинків, які обладнані природною витяжною вентиляцією, значення Δp визначають за формулою:

$$\Delta p = 9,81 \cdot [(H - h) \cdot (\rho_z - \rho_e) + 0,05 \cdot \rho_z \cdot v_s^2 \cdot (K_n - K_3) \cdot k], \text{ Па}, \quad (2.8)$$

де: H – висота будинку від низу землі до верху карниза або викидної вентиляційної шахти, м;

h – висота від поверхні землі до центра вікон відповідного поверху, м;

ρ_z, ρ_e – густина зовнішнього (при t_{x5}) і внутрішнього повітря, кг / м³;

v_s – найбільша із середніх швидкостей вітру за січень по румбах північного напрямку (Пн, ПнСх, ПнЗх), м/с; K_n ,

K_z – аеродинамічний коефіцієнт, відповідно для навітряної і підвітряної поверхонь (для перпендикулярної до навітряної поверхні дії вітру: $K_n = 0,8 \dots 0,5$; $K_z = -0,6 \dots -0,4$; коли вітер діє під кутом 45° до навітряної поверхні, значення K зменшується на 50%);

k – коефіцієнт, що враховує зміну швидкісного вітрового напору залежно від висоти будинку і типу місцевості (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Значення коефіцієнта k

Тип місцевості	Висота центра світлового прорізу над поверхнею землі, м				
	10	20	40	60	100
А – відкрита місцевість (степ, лісостеп, пустеля, узбережжя моря, озера, водосховища)	1	1,25	1,55	1,75	2,1
Б – навколишня місцевість, рівномірно вкрита лісовим масивом або іншими перешкодами висотою понад 10м	0,65	0,9	1,2	1,45	1,8

Вищенаведений розрахунок Q_{inf} придатний для будинків симетричної конфігурації, квадратних або прямокутних в плані, з простим і однаковим поверховим плануванням, з рівномірно розподіленими по фасаду вікнами, що відкриваються. Для будинків складної конфігурації або унікальних будинків необхідний спеціальний аналіз інфільтраційно процесу.

Для приміщень промислових будинків, якщо не виконано спеціальних розрахунків, тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря допускається приймати 30 % від основних тепловтрат через захисні конструкції (але не менше, ніж потрібно для нагрівання повітря, яке надходить у приміщення внаслідок дисбалансу об'ємів викидного та припливного вентиляційного повітря).

Для приблизного розрахунку тепловтрат будинку на опалення використовують формулу витрат теплоти за укрупненими показниками:

$$Q_{c.o.} = A q_o \cdot (t_{в.сер} - t_{х5}) \cdot V_{буд}, Bm \quad (2.9)$$

де A – коефіцієнт, який для житлових і громадських будинків визначають за формулою: $A \approx 0,54 + 22/(t_{в.сер} - t_{х5})$

q_o – питома теплова характеристика будинку, Вт/(м³·К);

$V_{буд}$ – зовнішній об'єм будинку (або його опалювальної частини), м³;

$t_{в.сер}$ – середня за об'ємом будинку температура внутрішнього повітря, °С.

Значення q_o будинків будь-якого призначення можна знайти за формулою:

$$q_o = (P/S) \cdot [1/R_{ст}^{\phi} + A_{вік}(1/R_{вік}^{\phi} - 1/R_{ст}^{\phi})] + 1/H[(0,9/R_{покp}^{\phi}) + (0,6/R_{пл}^{\phi})], Bm/m^3 \cdot K$$

де P , S , H – відповідно периметр будинку, м², площа будинку, висота будинку, м;

$R_{ст}^{\phi}$, $R_{вік}^{\phi}$, $R_{покp}^{\phi}$, $R_{пл}^{\phi}$ – відповідно фактичний опір теплопередачі зовнішньої стіни, вікна, покриття, підлоги, м² · К/Вт;

$A_{вік}$ – коефіцієнт, який чисельно дорівнює відношенню площі вікон до сумарної площі вертикальних зовнішніх захищень (коефіцієнт засклення).

Для сходових кліток q_o звичайно приймають з коефіцієнтом 1,6.

Для промислового будинку з системою повітряного опалення, суміщеного з припливною вентиляцією, характерна така наближена структура теплового балансу: тепловтрати завдяки повітрообміну – 85%, тепловтрати через стіни – 7%, через покриття – 6 %, через підлогу – 2%.

Аналіз факторів, які впливають на значення q_o , а отже, і на величину тепловтрат будинку показує, що для зменшення q_o необхідно зменшувати периметр і збільшувати висоту будинку, збільшувати термічний опір теплопередачі захищень, насамперед вікон і стін, а також зменшувати коефіцієнт засклення.

Для зменшення тепловтрат будинку потрібно мінімізувати шорсткість фасадів, уникати виступних елементів фасаду, зокрема лоджій на північних фасадах, а при їх наявності передбачати засклення.

Розділ III. ПРОМИСЛОВІ БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

§ 3.1. Класифікація промислових будівель і споруд

За об'ємно-планувальним рішенням промислові будівлі поділяються на *одно- і багатопверхові, суцільної і павільйонної* забудови. У зв'язку з відносною дешевизною, можливістю застосовувати розріджену сітку колон і передавати безпосередньо на підлогу навантаження від устаткування найбільше розповсюдження одержали одноповерхові будівлі. Багатопверхові будівлі зводяться для виробництва з обмеженими технологічними навантаженнями, з вертикальними технологічними процесами і в умовах обмеженої міської забудови.

Багатопверхові будівлі та будівлі суцільної забудови дозволяють більш компактно організувати технологічний процес. Будівлі павільйонної забудови мають перевагу відносно природного освітлення й аерації.

Будівлі суцільної забудови залежно від наявності та розташування внутрішніх колон підрозділяються на *багатопролітні, осередкові та зальні*.

Прольотом називається внутрішній об'єм, обмежений двома рядами колон і стінками торців. Проліт може обладнуватися підвісними балочними кранами вантажопідйомністю від 10 до 500 т. Прольотом називається також відстань між опорами основних конструкцій покриття. Відстань між опорами уздовж їх ряду називається *кроком*.

Прольоти визначають спрямованість технологічних потоків і розташовуються, як правило, в одному, а для окремих виробництв – у двох взаємо перпендикулярних напрямках. Перехід технологічного потоку в сусідній проліт викликає ряд експлуатаційних і конструктивних ускладнень через відсутність транспортного зв'язку і необхідність місцевого збільшення кроку колон, що з'являється.

У осередкових будівлях колони розташовуються у вершинах близького до квадрата прямокутника. Осередкові будівлі обладнуються підвісними однобалочними кранами, що проходять на різних рівнях і в обох напрямках, і

дозволяють вільно маневрувати напрямками технологічних потоків. Таким будівлям властива гнучкість планування і, певною мірою, універсальність.

Зальні будівлі великої глибини з прольотами до 100 м (складальні цехи літакобудівних заводів, експериментальні корпуси прискорювачів ядерних частинок тощо) забезпечують маневреність великогабаритних машин і експериментальної апаратури. Вони обладнуються підвісними та напільними засобами транспорту.

Будівлі павільйонної забудови поділяються на одно-двохпролітні, павільйонні і зальні. Одно-двохпролітні будівлі застосовуються для цехів з надмірним тепловиділенням. Павільйонними називаються високі безкранові будівлі з вбудованими етажерками для устаткування. Павільйонні будівлі дозволяють одночасно здійснювати процеси, що мали місце раніше в одно- і багатоповерхових будівлях, і відносно просто реконструювати їх при подальших змінах технології. Павільйонні будівлі поширені в хімічній промисловості та починають застосовуватися в інших галузях. Зальні будівлі невеликої глибини – ангари обладнуються стінами торців, що дозволяють залишати за межами приміщення хвостову частину великогабаритних літаків та інших подібних машин.

Залежно від матеріалів, з яких виготовлені основні конструкції, промислові будівлі бувають залізобетонні, металеві, дерев'яні та цегляні.

Основними перевагами збірних залізобетонних каркасів є їх висока довговічність, вогнестійкість, мала деформативність, тому в країні створена розвинена індустріальна база, що дозволяє виготовляти збірні залізобетонні елементи різноманітної номенклатури. Витрата металу на виготовлення збірних залізобетонних елементів (порівняно з металевим каркасом) обмежена, експлуатаційні витрати незначні. Його недоліками є велика маса, трудомісткість пристрою стикових з'єднань, важкість перевлаштування при реконструкції.

Для зниження ваги залізобетонних конструкцій успішно проводяться роботи зі створення заздалегідь напружених конструкцій, в яких бетону

надають необхідних стискаючих зусиль, поліпшуючи його роботу при виникненні в перетині розтягуючих напруг. Використання бетонів вищих класів і високоміцної арматури знижують розміри поперечних перетинів виробів. Полегшують масу бетону вживанням легких заповнювачів.

Перспективне вживання легких залізобетонних конструкцій, що виготовляються у вигляді тонких (40-50 мм) плит, допускає їх вигин при установці. Оболонки, створені таким способом, здатні виконувати одночасно і несучі, і захисні функції, що робить їх вельми економічними за витратами бетону і металу.

Сталеві каркаси мають порівняно з залізобетонними значно меншу масу. Перетин ажурний, транспортування і монтаж прості і менш трудомісткі. Проте металеві каркаси схильні до корозії, менш вогнестійкі, під час експлуатації, особливо за наявності агресивних середовищ, вимагають постійного нагляду та проведення захисних заходів.

Дерев'яні конструкції в капітальному будівництві до останнього часу знаходили обмежене розповсюдження, не зважаючи на те, що дерево має малу об'ємну масу, велику міцність при роботі на вигин і стиснення, що надає йому переваги порівняно зі сталлю та залізобетоном. Серед спеціалістів була поширена думка, що дерево як матеріал з анізотропною будовою змушує приймати великі запаси міцності, що ускладнюють конструкції, роблячи їх важкими, а здатність деревини при зміні вогкості навколишнього середовища розбухати або усихати за несприятливих умов сприяє швидкому її загниванню. Порівняно з іншими конструкціями дерев'яні вважаються менш вогнестійкими.

Бурхливий розвиток хімічної промисловості та промисловості полімерних матеріалів дозволив застосовувати склеювання деревини в конструкції з пластів та створювати різноманітні раціональні та пластичні архітектурні форми. Просочення деревини антисептиками підвищило її стійкість проти гниття, а обробка антиперенами підвищила її вогнестійкість. Металеві та залізобетонні конструкції повністю втрачають свою несучу

здатність вже при нагріві до 450°C. Швидкість же обвуглювання деревини при температурі горіння біля 800°C складає 0,5-0,8 мм/хв, що дозволить при дотриманні пожежної безпеки своєчасно ліквідовувати пожежу. Окрім того, дерев'яні конструкції стійкі в умовах агресивного повітряного середовища, при якому залізобетон і метал руйнуються порівняно швидко.

При будівництві невеликих цехів з невеликими прольотами використовують цегляні конструкції.

§ 3.2. Конструктивні схеми промислових будівель

Конструктивні схеми промислових будівель залежать від технологічних ліній виробництва (горизонтальна, вертикальна), матеріалів несучих конструкцій (залізобетон, метал) та способів їх зведення (збірні чи монолітні).

Залізобетонні каркаси промислових будівель бувають одноповерхові та багатоповерхові, вони можуть будуватись зі збірних конструкцій чи в монолітному варіанті.

Конструктивні елементи каркаса

Залізобетонні каркаси одноповерхових виробничих будівель проектують як системи зі стійок і балок, що монтуються зі збірних залізобетонних елементів заводського виготовлення. Вони повинні володіти необхідною міцністю та просторовою стійкістю.

У поперечному напрямі міцність і стійкість забезпечуються системою одно- і багатопролітних рам, стійки яких частіше за все жорстко затиснені у фундамент, а вгорі мають шарнірний зв'язок з несучими елементами покриття – ригелями (рис. 3.1, 3.2). Шарнірне кріплення вгорі обумовлюється тим, що забезпечити жорсткий зв'язок ригеля з колоною значно складніше, ніж шарнірну, і, крім того, виникають великі можливості типізації елементів каркаса.

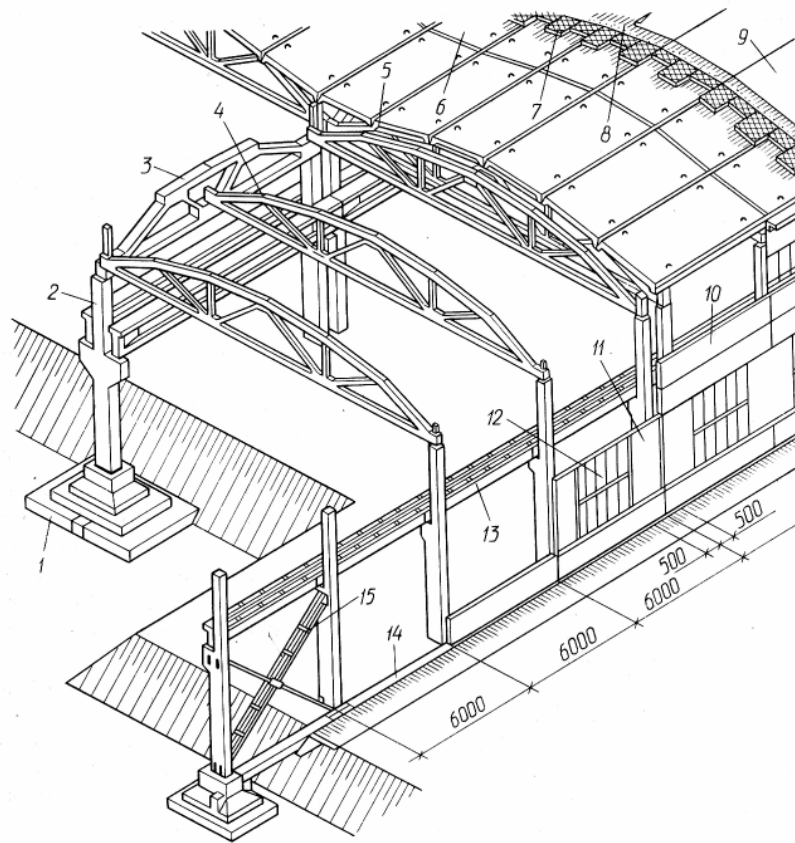


Рис. 3.1. Залізобетонний каркас з кроквяними фермами:

1 – фундамент; 2 – колона; 3 – підкроквяна ферма; 4 – кроквяна ферма; 5 – температурний шов; 6 – плита покриття; 7 – утеплювач по пароізоляції; 8 – стягування; 9 – покрівельний килим; 10 – стінна панель; 11 – пристенок; 12 – вікно; 13 – підкранова балка; 14 – фундаментна балка; 15 – зв'язки.

Подовжня рама каркаса містить всі колони поперечних рам температурного блоку, що знаходяться на одній осі, з розташованими по них підкрановими балками або розпівками і вертикальними зв'язками, встановленими між колонами. На стійкість каркаса в подовжньому напрямі роблять вплив висота будівлі, наявність мостових кранів, а також висота несучого елемента покриттів (ригеля) на опорі. Для додання покриттю властивостей жорсткого диска, що забезпечує рівномірний розподіл горизонтальних зусиль, що виникають при вітрі та гальмуванні мостових кранів, залізобетонні настили, що укладаються по ригелях рам температурного блоку, приварюються до їх верхнього пояса. Шви між настилами замоноличуються.

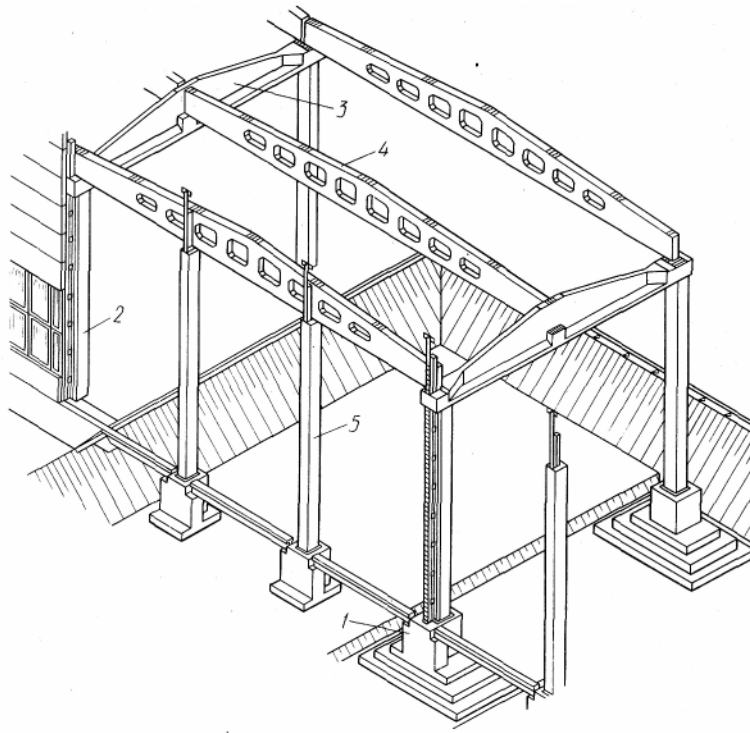


Рис.3.2. Залізобетонний каркас з кроквяними балками:

1 – фундамент; 2 – колона; 3 – підкроквяна балка; 4 – кроквяна балка; 5 – стійка фахверка.

Стійкість залізобетонного каркаса повинна забезпечуватися в межах кожного температурного блоку або секції, що має однакову висоту та напрям прольотів. Гранична довжина температурного блоку залежить від температурних умов всередині і зовні будівлі, але повинна бути не більшою 72 м, а ширина в поперечному напрямі – не більшою 144 м. При великих розмірах необхідна перевірка параметрів міцності колон і в першу чергу перетину арматури.

Розчленовування каркаса на конструктивні елементи проводиться з таким розрахунком, щоб загальна їх кількість і кількість монтажних стиків була невеликою, перетин економічним, а виготовлення, транспортування і монтаж технологічні та зручні. Таким чином, традиційне рішення каркаса містить: фундаменти під колони, фундаментні балки, колони, підкранові балки, підкроквяні і кроквяні конструкції, обв'язувальні балки, зв'язки (див. рис. 3.1, 3.2). Залежно від характеру виробництва, виду внутрішнього

транспорту, сітки колони, характеру захисних конструкцій деякі з перерахованих елементів можуть бути відсутні або з'являтися додатково.

Останнім часом задля скорочення кількості монтажних одиниць і зниження матеріаломісткості каркаса все ширшого використання набувають довгі настили. Для їх укладання безпосередньо по колонах крайніх і середніх рядів (рис. 3.3) використовують ригелі, що виконують роль підкроквяних конструкцій.

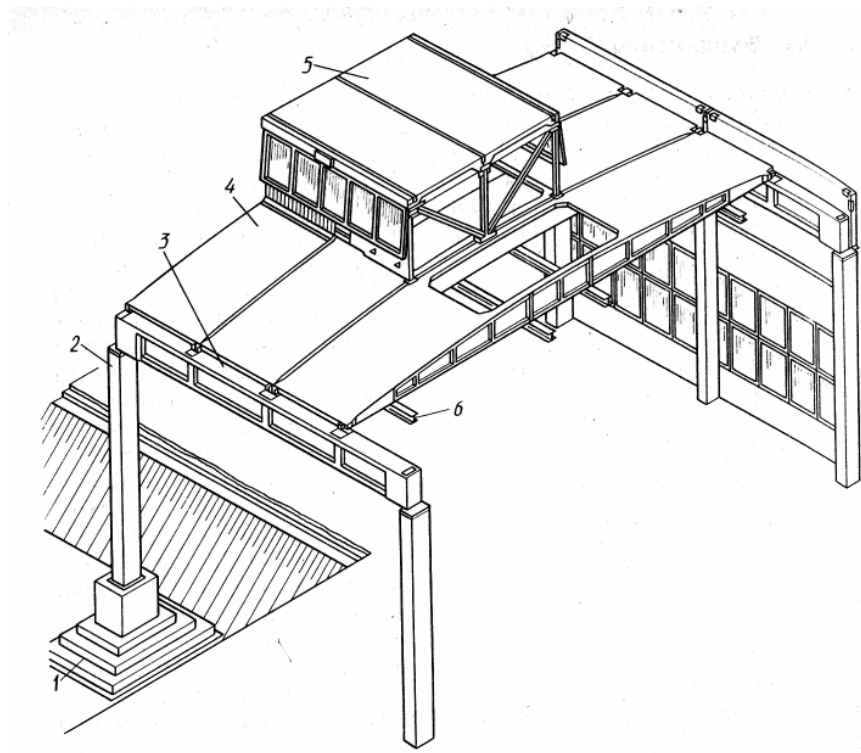


Рис. 3.3. Залізобетонний каркас з плитами «на проліт».

1 – фундамент; 2 – колона; 3 – ригель; 4 – длинномерный настил; 5 – світло аераційний ліхтар; 6 – рейка крана.

Види залізобетонних багатоповерхових каркасів

Багатоповерхові залізобетонні каркаси за своєю структурою можуть бути розділені на стійко-балочні: колони, ригелі та плити; і безригельні (безбалочні): колони, капітелі (опорні коміри) і плити.

Стійко-балочні каркаси виконують переважно зі збірних елементів, що сполучаються у вигляді рамних або шарнирно-зв'язних систем (рис. 3.4, 3.5). Залежно від призначення та характеру технологічного процесу стійко-балочні каркаси мають регулярну або нерегулярну структуру.

Регулярна структура каркаса характеризується рівними або майже рівними прольотами та кроком на всіх поверхах. При нерегулярній структурі частина об'єму будівлі за умов розміщення великогабаритного технологічного устаткування має розміри, що значно різняться від розмірів інших частин будівлі.

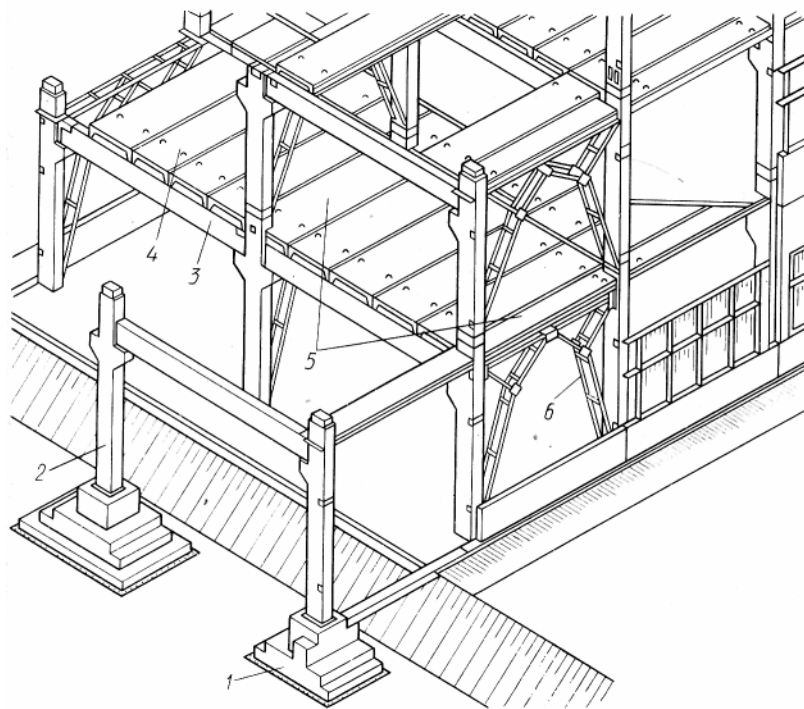


Рис.3.4. Стійко-балочний рамний каркас:

1 – фундамент; 2 – колона; 3 – прогін; 4 – настил багатоповерхового перекриття, 5 – зв'язні плити; 6 – вертикальні зв'язки.

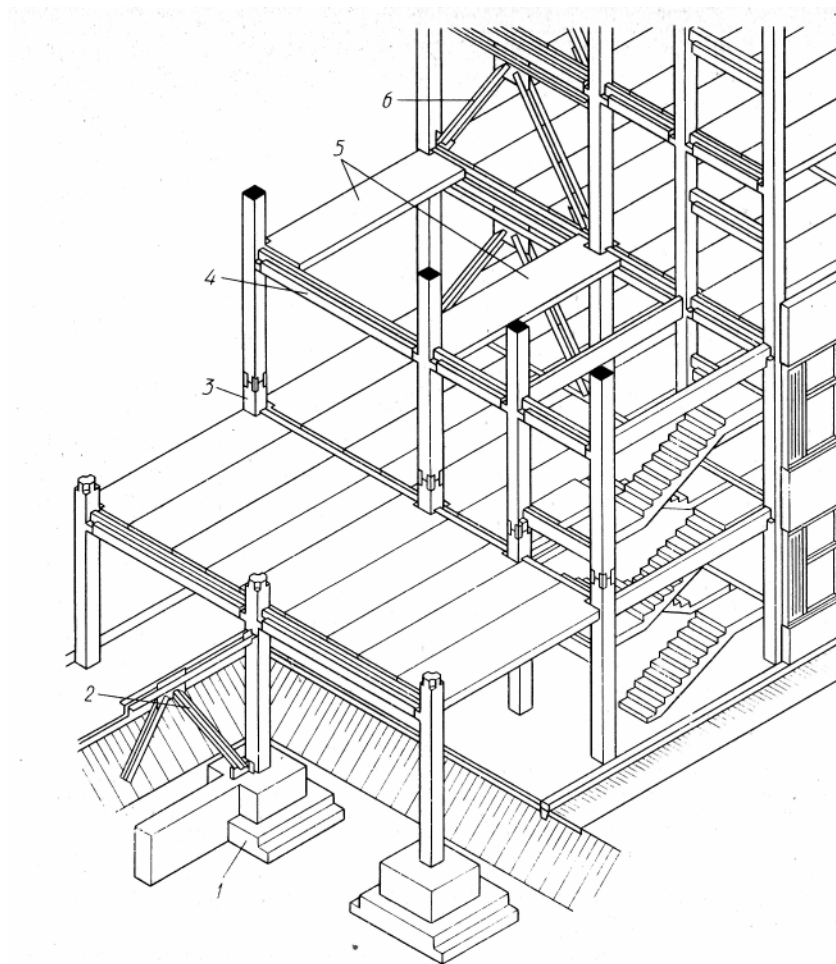


Рис.3.5. Шарнірно-зв'язний каркас:

1 – фундамент; 2 – подовжні зв'язки; 3 – колона; 4 – прогін; 5 – зв'язні плити; 6 – поперечні зв'язки.

У виробничих будівлях навантаження на перекриття у багатьох випадках істотно перевищує навантаження, діючі на перекриття цивільних будівель. При підвищених навантаженнях надають перевагу **рамній системі каркаса** порівняно з **шарнірно-зв'язовою**, не зважаючи на те, що це спричиняє відомі труднощі, пов'язані з добудовою жорстких з'єднань ригелів рами з колонами. Проте при рамному каркасі висота ригеля виявляється меншою, скорочується витрата матеріалу і в першу чергу металу. Крім того, при рамній системі зникає необхідність добудови в площині рами вертикальних діафрагм жорсткості, здатних істотно ускладнювати доцільне розміщення устаткування і його перестановку при реконструкції.

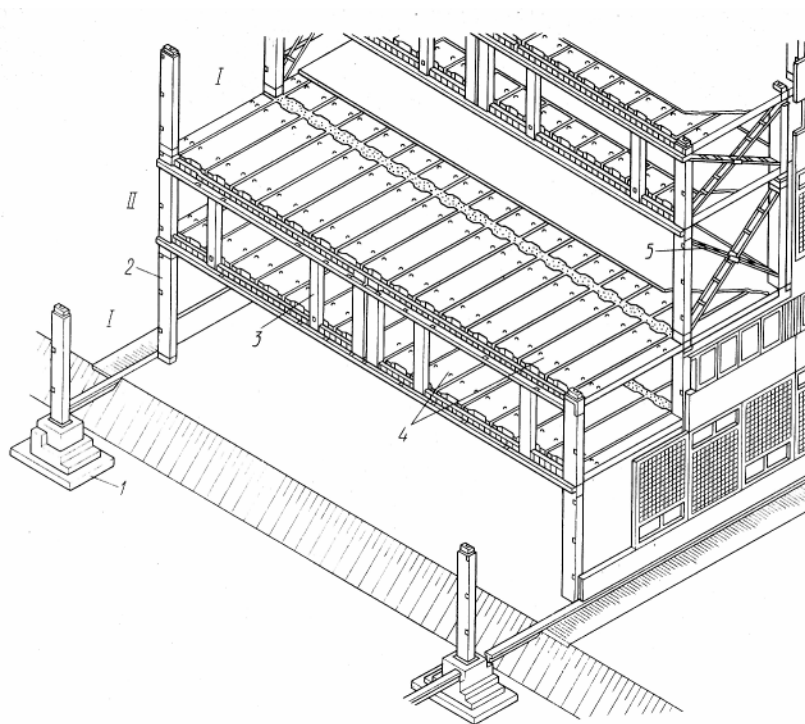


Рис.3.6. Каркас з перекриттями над виробничими поверхами, що працюють «на проліт»:

I – виробничий поверх; *II* – технічний поверх; *1* – фундамент; *2* – колона; *3* – безраскосна ферма з двох відправних марок; *4* – настил перекриття по верхніх і нижніх поясах ферм; *5* – вертикальні зв'язки.

Металеві каркаси

Металеві каркаси влаштовуються *площинними* і *просторовими*.

Площинні каркаси, що набули широкого використання, є системою одно- або багатопролітних рам, стійкість яких забезпечується зазвичай жорстким з'єднанням фундаменту з колонами (рис. 3.7). Іноді жорсткі рами каркаса шарнірно сполучають з фундаментом. Вибір конструктивного рішення визначається характером силових дій, яким вони піддаються, можливістю скорочення номенклатури і типорозмірів елементів, що входять в їх склад, а також зниження матеріальних і трудових витрат на виготовлення та монтаж. У подовжньому напрямі стійкість каркаса забезпечується системою металевих зв'язків по колонах і фермах.

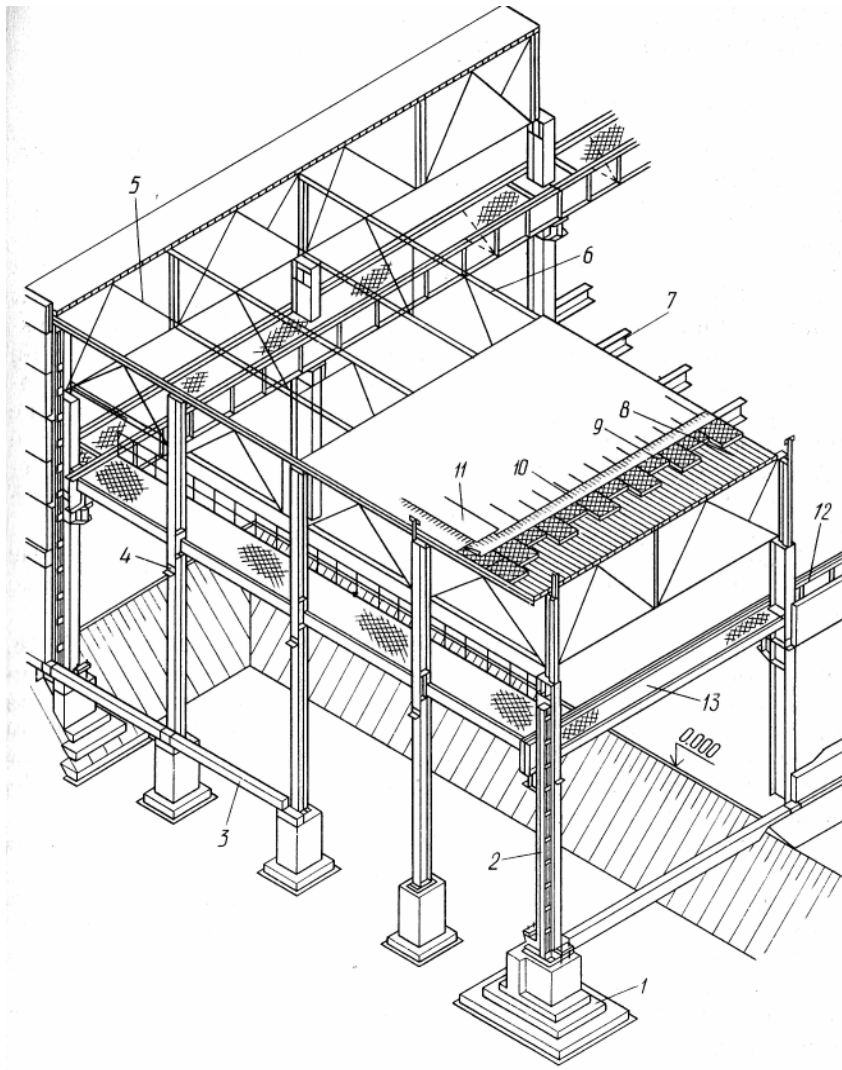


Рис. 3.7. Сталевий каркас з кроквяними і підкроквяними фермами:

1 – фундамент; 2 – колона; 3 – фундаментна балка; 4 – стійка фахверка; 5 – підкроквяна ферма; 6 – кроквяна ферма; 7 – прогони; 8 – профільований настил; 9 – утеплювач на пароізоляції; 10 – стяжка; 11 – покрівельний килим; 12 – підкранова балка; 13 – ходовий місток.

До складу сталевого каркаса входять колони, підкранові балки, кроквяні і підкроквяні конструкції, об'язувальні балки, вертикальні та горизонтальні зв'язки.

Задля економного витрачання металу при проектуванні несучих конструкцій слід використовувати перш за все міцні низьколегіровані та вуглецеві термічно зміцнені сталі, а також ефективні профілі, зокрема тонкі труби електрозварювань, гнutoзварювальні профілі, прокатні широкополічні двутаври. Сталеві конструкції будівель необхідно захищати від дії

агресивного середовища, а в необхідних випадках і від блукаючих струмів. Для будівель, призначених для виробництв, в яких застосовується або проводиться твердий луг, сода або інші солі лужної реакції, а також за наявності пилю, що містить мідь, ртуть або їх сполуки, які викликають контактну корозію, використання металевих конструкцій не допускається.

Застосування залізобетонних настилів по сталевих фермах призводить до збільшеної витрати металу, тому такі рішення не розглядаються.

Переважне використання металевих несучих конструкцій у будівлях з легкими захисними конструкціями (профільований сталевий лист, асбестоцементні вироби, ефективний утеплювач).

Для таких будівель розроблені як площинні, так і *просторові несучі конструкції*. До них належать ферми з прокатних кутів або широкополічних таврів і ферми з труб; рамні конструкції коробчатого перетину; структурні конструкції з прокатних кутів або з труб.

Скорочення трудових витрат, пов'язаних зі зведенням покриття одноповерхової будівлі (а їх частка складає близько 60% від трудових витрат на монтаж всього каркаса), призвело до створення методу конвейєрної зборки на рівні землі та монтажу готовими блоками розміром 12х24 або 12х30 м. Це спричинило необхідність внесення в каркас таких конструктивних змін, які дозволили б розчленовувати каркас на зручні для потокового монтажу блоки, не спричиняючи істотного збільшення витрат металу. Таке рішення може досягатися з влаштуванням кожного блоку з двох підкроквяних і двох кроквяних ферм.

§ 3.3. Уніфікація та типізація промислових будівель та їх елементів

Основна частина промислових будівель і споруд зводиться за типовими проектами. Типізація полягає в постійному відборі найуніверсальніших для даного періоду об'ємно-планувальних і конструктивних рішень, що дають найбільший економічний ефект в будівництві й експлуатації будівель.

Типізуються будівлі галузевого призначення, обмежені певною виробничою потужністю, і секції будівель універсального призначення, обмежені певними виробничими площами та транспортними засобами, що їх обслуговують.

Сучасні типові будівлі та споруди відрізняються від своїх попередників тим, що вони уніфіковані – підготовлені для зведення методами будівельної індустрії. Уніфікація проводиться шляхом вживання найекономічніших і універсальних елементів будівель, відібраних відповідно до можливостей заводів-виробників, простоти перевезення, монтажу та подібними критеріями.

Несучий каркас промислових будівель, як правило, приймає значні зусилля, що виникають у зв'язку з перекриттям великих габаритних машин, а також у зв'язку зі значними, а деколи і динамічними, навантаженнями, що спричиняються технологічним процесом. Тому несучі каркаси промислових будівель виконуються у вигляді рамних схем з досить міцних матеріалів – сталі та залізобетону.

Від зовнішнього середовища приміщення будівель ізолюються *огорожами* – стінами та дахами, до складу яких для будівель, що опалюються, входять ефективні теплоізолюючі заповнювачі. У стінах роблять дверні, віконні комірні отвори, на дахах монтують ліхтарі. Вони слугують для зв'язку, освітлення та провітрювання приміщень.

Особливо ефективні конструкції, що об'єднують несучі та захисні функції (оболонки тощо).

Внутрішні конструкції – підлоги, перегородки, етажерки, службові драбини – утворюють окремі приміщення будівель, майданчики для установки й обслуговування апаратів і забезпечують доступ до них.

Конструкції уніфікованих виробів, що виготовляються вітчизняними заводами, для всіх зазначених частин будівлі постійно розвиваються та удосконалюються. Вони проводяться на основі єдиної номенклатури уніфікованих виробів.

Збірні залізобетонні елементи успішно застосовуються в несучих каркасах одноповерхових будівель заввишки до 18 м, з опорними кранами вантажопідйомністю до 30 т і з прольотами до 24 м, і в багатоповерхових будівлях при навантаженнях на перекриття до 2,5 МПа. У захисних конструкціях вони використовуються здебільшого у вигляді легкобетонних і залізобетонних стінних панелей, ребристих плит міжповерхових перекриттів і дахів.

В захисних конструкціях почав застосовуватися сталевий профільований настил. Тимчасово, у зв'язку з дефіцитністю листової сталі, він використовується там, де дає найбільший економічний ефект, наприклад, в труднодоступних районах. Основні переваги сталевих конструкцій – міцність, легкість, простота різання, зварки та кріплення.

Покриття одноповерхових пролітних будівель виконуються переважно з уніфікованих плоских елементів – плит, балок, ферм, що послідовно передають один одному сумарне навантаження. Плоскі конструкції перекривають прольоти до 36 м при кроці до 18 м.

Крок крайніх і середніх колон і кроквяних конструкцій, що спираються на них, може бути 6-метровим, 12-метровим і комбінованим – 6-метровим для крайніх колон і кроквяних конструкцій і 12; 18-метровим – для середніх колон.

Через масове виробництво уніфікованих 6-метрових стінних і віконних панелей в крайніх рядах колон переважає 6-метровий крок. Задля ефективного і маневрового використання виробничих площ у середніх рядах колон найбільш поширений 12-метровий крок. Саме тому у більшості випадків економічним є комбінований крок, що поєднує розріджену сітку колон з можливістю підвіски однобалочних кранів.

18-метровий крок середніх колон застосовується в експериментальному порядку.

6-метровий крок середніх колон застосовується переважно у невисоких двохпролітних будівлях, де його збільшення ускладнює конструкцію, не даючи економічного ефекту.

12-метровий крок крайніх колон поєднується з 12-метровим кроком кроквяних ферм. Це не передбачає використання підкроквяних конструкцій, але вимагає у ряді випадків вживання фахверкових колон і в подовжніх стінах для кріплення поширених у виробництві 6-метрових стінних і віконних панелей. 12-метровий крок крайніх і середніх колон економічний у високих будівлях з опорними кранами великої вантажопідйомності.

Вибір кроку крайніх і середніх колон і кроквяних конструкцій в межах, що допускаються уніфікованими габаритними схемами, проводиться на основі економічного зіставлення варіантів.

Одночасно починають упроваджуватися й просторові конструкції – циліндрові оболонки, структурні плити і т.д., що перекривають ті ж прольоти з меншою витратою матеріалів.

Широке розповсюдження заводських виробів зі сталі та збірного залізобетону обмеженої номенклатури, призначеного в основному для збірки одно- і багатопролітних промислових будівель, ґрунтується на єдиній модульній системі, правила якої коротко наведено нижче.

Рекомендується проектувати промислові будівлі прямокутного контура, без перепадів висот, з прольотами одного напрямку. Перепади висот від 1,8 м і більш допускаються при значній площі зниженої частини. Прольоти двох взаємно перпендикулярних напрямів застосовуються, якщо в цьому випадку є істотні технологічні переваги.

Модульна система ґрунтується на планувальному модулі 0,5 м і висотному – 0,6 м. Усі елементи огорожі будівель – стінні та віконні панелі, з рамою обрамлення, коміра, включаючи обрамляючу раму, плити покриттів і перекриттів і т.д. – кратні по основним номінальним розмірам* цим модулям або їх дробовій частині.

Сітка колон, утворювана їх розбивочними осями, кратна укрупненим планувальним модулям: у напрямі кроку – 6 м; у напрямі прольоту – 6 м для одноповерхових і 1,5 м – для багатоповерхових будівель.

* Номінальні розміри на відміну від конструктивних включають зазори між елементами.

Колони крайнього подовжнього ряду і біля подовжніх деформаційних швів поєднуються зовнішніми гранями з подовжніми осями (нульова прив'язка) або зміщуються на 250 і 500 мм назовні будівлі (прив'язки «250», «500»).

Колони крайнього поперечного ряду (торці) і біля поперечних деформаційних швів зміщуються з розбивочних осей на 500 мм всередину температурного відсіку будівлі.

Колони середніх подовжніх і поперечних рядів поєднуються осями перетинів з сіткою розбивочних осей.

Нульова прив'язка крайніх подовжніх рядів застосовується для багатопверхових і одноповерхових бескранових будівель і в будівлях з кранами вантажопідйомністю до 30 т при кроці крайніх колон 6 м і висоті від підлоги до низу кроквяних конструкцій не більше 14,4 м. Нульова прив'язка виключає вживання в покритті доборних елементів.

Прив'язка «250» застосовується при будь-якій з вказаних нижче характеристик – вантажопідйомність кранів 50 т, крок крайніх колон 12 м, висота будівлі 16,2 і 18 м.

Відстань від подовжньої осі колон до осі катків крана призначається 750 мм для кранів вантажопідйомністю до 50 т і 1000 мм – для кранів більшої вантажопідйомності.

Крановий габарит будівлі – висота від головки рейки до низу кроквяних конструкцій – включає висоту крана і наближення, що допускається, 100 мм для кранів легкого, середнього і важкого режимів роботи і 250 мм – для кранів вельми важкого режиму роботи.

Для обмеження зусиль, що виникають в конструкціях від перепаду температур, будівля розрізає деформаційними швами на відсіки. Розміри відсіків залежать від матеріалу каркаса, теплового режиму будівлі і кліматичних умов. Ці розміри визначаються розрахунком. Для опалювальних будівель із залізобетонним каркасом з уніфікованих елементів відстані між поперечними деформаційними швами приймаються до 174 м, а між подовжніми – до 144 м.

Конструктивно поперечні деформаційні шви виконуються на двох колонах, зміщених на 0,5 м з осі шва всередину кожного відсіку.

У будівлях суцільної забудови поздовжні деформаційні шви виконуються при залізобетонному каркасі на двох колонах. Розмір вставки між подовжніми осями цих колон приймається 0,5; 1,0 і 1,5 м так, щоб за вирахуванням прив'язок відстань між колонами в світлу було не менше 0,5 м.

Перепади висот, як правило, поєднуються з деформаційними швами.

Розділ IV. БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

§ 4.1. Загальні положення

Для кожного об'єкта слід ретельно обґрунтовувати використання тих чи інших матеріалів і типів конструкцій з урахуванням техніко-економічної доцільності їх застосування.

Вартість і довговічність будівель і споруд головним чином залежать від якості будівельних матеріалів, деталей і конструкцій. Вона визначається державними стандартами (ДСТ – державними стандартами, ОСТ, РСТ) і технічними умовами (ТУ), в яких вказано вимоги до властивостей цих матеріалів, методи їх визначення, правила зберігання і транспортування тощо. Ці стандарти розробляються на основі найновіших досягнень науки і техніки. ГОСТ, ОСТ РСТ, ТУ, СТП на будівельні матеріали є нормативними документами, які мають силу закону для всіх міністерств і відомств. Рік їх затвердження вказується двома останніми цифрами.

Одночасно з ГОСТ (ОСТ, РСТ, ТУ, СТП) в будівельній галузі діють будівельні норми та правила (БНіП), які містять номенклатуру (перелік) даної групи матеріалів, деталей і конструкцій, передбачають поділ будівель і споруд на класи, а також інші основні чинні вказівки щодо об'ємнопланувального та конструктивного проектування.

Згідно із загальноприйнятою класифікацією всі будівельні матеріали доцільно поділити за технологічними ознаками на такі групи:

- природні кам'яні матеріали;
- лісові матеріали;
- мінеральні в'язучі речовини;
- будівельні розчини;
- бетони;
- залізобетонні вироби (конструкції та деталі);
- будівельна кераміка;
- штучні кам'яні матеріали та вироби;

- бітумні в'язучі речовини та матеріали на їх основі;
- пластичні маси та матеріали на їх основі;
- метали та металеві вироби;
- скляні та інші розплавні матеріали;
- теплозвукоізоляційні матеріали;
- гідроізоляційні матеріали;
- опоряджувальні матеріали.

Однак будівельні матеріали виконають своє призначення лише тоді, коли будуть прогресивними, тобто коли при їх використанні знижуватиметься матеріаломісткість і водночас збільшуватися міцність, а при їх виготовленні зменшаться витрати живої праці, палива, електроенергії та використовуватимуться безвідходні технології з мінімальними витратами тепла.

§ 4.2. Основні властивості будівельних матеріалів.

Загальні відомості і класифікація будівельних матеріалів. Технічні властивості матеріалу залежать від його складу та структури. Будівельний матеріал характеризується хімічним, мінеральним і фазовим складом.

Хімічний склад будівельних матеріалів дає змогу зробити висновок про деякі їх властивості: вогнестійкість, біологічну стійкість, механічні та інші характеристики. Хімічний склад мінеральних в'язучих речовин (цементу, вапна тощо), а також кам'яних матеріалів зручно виражати кількістю оксидів, які вони містять.

Мінеральний склад показує, які мінерали і в якій кількості входять до складу в'язучої речовини або кам'яного матеріалу, наприклад, у портландцементі кількість аліту CaOSiO_2 становить 45-60%, причому при більшій його кількості прискорюється твердіння і підвищується міцність цементного каменю.

Фазовий склад матеріалу та фазові переходи води в його порах, впливають на властивості та поведінку матеріалів при їх експлуатації. У матеріалі виділяють тверду речовину, яка утворює стінки пор, тобто скелет

(каркас) матеріалу та пори, заповнені повітрям і водою.

Структуру матеріалу вивчають на трьох рівнях: перший – макроструктура матеріалу – будова, яку видно неозброєним оком; другий – мікроструктура матеріалу – видима в оптичний мікроскоп; третій – молекулярно-іонна будова речовини, яка вивчається методами рентгеноструктурного аналізу й електронної мікроскопії.

Основні групи властивостей будівельних матеріалів:

1) фізичні (істинна, середня, насипна густина; пористість, питома поверхня тощо);

2) ставлення до впливу та морозу (водовбирання, вологість, водостійкість, водопроникність, вологовіддача, гігроскопічність, морозостійкість);

3) теплові (теплопровідність, теплоємність, вогнестійкість, вогнетривкість);

4) механічні (міцність при стисканні, вигин і розтягання, твердість, крихкість, стирання, пружність, пластичність, опір ударові, зносостійкість, повзучість);

5) спеціальні (хімічна (корозійна) і біологічна стійкість, газопроникність, довговічність, адгезія, акустичні властивості);

6) технологічні характеризують придатність до механічної обробки (різання, свердлення, стругання, розпилювання).

§ 4.3. Фізичні властивості будівельних матеріалів

Істинна густина (ρ) – маса одиниці об'єму сухого матеріалу в абсолютно щільному стані, тобто без пор і пустот.

Пори – це повітряні комірки в речовині, з якої складається даний матеріал, а пустоти – це повітряні порожнини між частинками сипких матеріалів (наприклад, між зернами піску, щебеню тощо). Визначивши масу сухого матеріалу m в грамах та його об'єм в абсолютно компактному стані V_a у кубічних сантиметрах, істинну густину ρ знаходять за формулою, г/см³:

$$\rho = \frac{m}{V_a}.$$

Середня густина (ρ_m) – маса одиниці об'єму матеріалу в природному стані, тобто разом з порами і пустотами. Її визначають за формулою, г/см³:

$$\rho_m = \frac{m}{V_{\text{ПС}}}.$$

Насипна густина (ρ_n) – маса одиниці об'єму матеріалу в пухкому стані; ρ_n визначають разом з пустотами, г/см³:

$$\rho_n = \frac{m}{V_n}.$$

Пористість матеріалу – це ступінь заповнення його об'єму порами. Пористість буває відкритою і закритою.

Відкрита пористість Π_ϵ дорівнює відношенню сумарного об'єму всіх пор, які насичуються водою, до об'єму матеріалу в природному стані $V_{\text{ПС}}$:

$$\Pi_\epsilon = \frac{m_2 - m_1}{V_{\text{ПС}}} \cdot \frac{1}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}},$$

де m_1 і m_2 – маса зразка відповідно в сухому і насиченому стані;

$$\Pi_z = \Pi - \Pi_\epsilon.$$

Густина матеріалу характеризується ступенем заповнення його об'єму речовиною, з якої він складається. Густина дорівнює відношенню середньої густини до істинної:

$$\Gamma = \frac{\rho_m}{\rho},$$

у сумі

$$\Pi + \Gamma = 1 \text{ (100\%) \%}$$

Звідки:

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \cdot 100\%;$$

$$K_{\text{ц}} = \frac{\rho_0}{\rho}; \quad K_{\text{ПОР}} = \frac{V_{\text{ПОР}}}{V_{\text{СК}}}.$$

Питома поверхня S_n (см/г, м²/кг) – сумарна площа поверхні одиниці маси речовини.

§ 4.4. Властивості матеріалів щодо дії води і морозу

Водовбиранням називають здатність матеріалу вбирати воду та затримувати її в своїх порах. Ця величина виражається в процентах. Розрізняють водовбирання масове й об'ємне.

Масовим водовбиранням називають відношення маси поглинутої матеріалом води до маси його в абсолютно сухому стані. Для більшості будівельних матеріалів його значення менше за 100%, а для дуже пористих – більше за 100%.

Об'ємним водовбиранням називають відношення маси ввібраної матеріалом води до об'єму матеріалу в абсолютно сухому стані. Чисельно ця величина дорівнює об'ємові доступних для води пор і завжди менша за 100%.

Водовбирання відповідно масове й об'ємне знаходять за формулами, %:

$$B_m = \frac{m_n - m_c}{m_c} \cdot 100;$$

$$B_{об} = \frac{m_n - m_c}{V_{ac} \rho_{H_2O}} \cdot 100;$$

де m_n, m_c – маса матеріалу відповідно в насиченому водою і абсолютно сухому стані, г; V_{ac} – об'єм матеріалу, см³.

Щоб перейти від масового водовбирання до об'ємного, слід провести розрахунки за формулою:

$$B_{об} = B_m \cdot \rho_m; \quad \Rightarrow \rho_m = \frac{B_{об}}{B_m}.$$

Вологістю називають відношення маси води, що міститься в даний момент у порах і на поверхні матеріалу, до його маси в сухому стані. Вологість, як і водовбирання, визначається в процентах. Розрізняють вологість масову і об'ємну, %:

$$W_m = \frac{m_s - m_c}{m_c} \cdot 100; \quad W_{об} = \frac{m_s - m_c}{V_{ac} \rho_{H_2O}} \cdot 100;$$

де $m_в$, m_c – маса матеріалу відповідно в природно-вологодому стані (на даний момент) і висушеного до сталої маси, г.

Відповідно до ступеня насиченості матеріалів водою їх маса (середня густина) і теплопровідність збільшуються, а міцність – зменшується (через послаблення зв'язків між частинками речовини). Відношення міцності насиченого водою матеріалу R_{cm}^{nac} до його міцності в абсолютно сухому стані $R_{cз}^{сух}$ називається коефіцієнтом розм'якшення:

$$K_p = \frac{R_{cm}^{nac}}{R_{cз}^{сух}}.$$

Цей коефіцієнт характеризує водостійкість матеріалу.

Водостійкість – це властивість матеріалу зберігати свою міцність при тимчасовому або постійному насиченні водою.

Числове значення K_p коливається від нуля (глиняні невивпалені матеріали, наприклад, саман, ґрунтоблоки) до одиниці (скло, бітум тощо). Матеріали з коефіцієнтом розм'якшення, що дорівнює або більший від 0,8 належать до водостійких, а з коефіцієнтом, меншим 0,8 – до неводостійких.

Водопроникність називають здатність матеріалу пропускати під тиском воду. Цей фактор особливо важливий для матеріалів, що застосовуються в гідротехнічних спорудах та інших конструкціях, які перебувають під тиском води. Водопроникність характеризується кількістю води, що пройшла за годину через cm^2 поверхні матеріалу при сталому (заданому) тиску.

Ступінь водопроникності матеріалів залежить від їх будови та пористості. Якщо пори великі та сполучаються між собою, то водопроникність більша; якщо вони дрібні та замкнуті, то менша. Особливо щільні матеріали (наприклад, скло, бітум, метали) і менш щільні із замкнутими дрібними порами (наприклад, бетон спеціально дібраного складу) практично водонепроникні.

Морозостійкість називається здатність матеріалу в насиченому водою стані витримувати багаторазове почергове заморожування і

відтавання, тобто різкі коливання температури. На морозостійкість випробують будівельні матеріали, які використовуються в зовнішніх конструкціях (наприклад, покрівельні, стінні). Надзвичайно морозостійкими повинні бути матеріали, призначені для гідротехнічного будівництва.

§ 4.5. Теплові властивості будівельних матеріалів

Теплопровідністю називають здатність матеріалу передавати крізь свою товщину тепловий потік. Кількість теплоти Q , що проходить крізь конструкцію (наприклад, стіну) прямо пропорційна її площі F , різниці температур на її поверхнях t_1-t_2 і часу τ , протягом якого проходить тепловий потік, але обернено пропорційна товщині стіни δ Дж:

$$Q = \lambda \cdot F(t_1-t_2)\tau / \delta$$

де λ – теплопровідність матеріалу, Вт/(м·°C);

$$\lambda = Q\delta / F(t_1-t_2) \tau.$$

Якщо $\delta = 1$ м, $F = 1$ м², $(t_2-t_1) = 1^\circ\text{C}$, $\tau = 1$ година, то $\lambda = Q$.

Теплоємністю називають здатність матеріалу вбирати теплоту при нагріванні та віддавати її при охолодженні.

Для нагрівання матеріалу масою m від температури t_2 до t_1 треба затратити кількість теплоти Q , прямо пропорційну масі та різниці температур, Дж:

$$Q = cm(t_1-t_2),$$

де c – питома теплоємність.

З наведеної вище формули виходить, що теплоємність, Дж (кг К),

$$c = Q / m(t_1-t_2).$$

Якщо $m = 1$ кг, а різниця температур $t_1-t_2 = 1^\circ\text{C}$, то матимемо

$$C = Q.$$

Отже, теплоємність – це кількість теплоти, яку треба затратити й кг матеріалу на 1°C . Вода має найбільшу питому теплоємність, тому зі збільшенням вологості матеріалів їх теплоємність підвищується.

Вогнестійкістю називають здатність матеріалів чинити опір короткочасному впливові високих температур. За цією ознакою, матеріали поділяють на три групи:

1) неспалювані, що під впливом вогню або високої температури не займаються, не тліють і не звуглюються, але деформуються, а деякі (граніт, мармур) навіть руйнуються;

2) важко спалювані, які займаються, тліють і звуглюються, але після видалення джерела вогню припиняють горіти;

3) спалювані, які займаються і далі горять після видалення джерела вогню (наприклад, деревина, руберойд, толь).

Вогнестійкість – здатність матеріалів витримувати тривалий вплив високої температури, не змінюючи форми і не руйнуючись. За цією ознакою вони поділяються також на три групи:

1) вогнетривкі, що витримують температуру понад 1580°C (шамот, динас та ін.);

2) тугоплавкі, що зберігають вогнетривкість при температурі від 1350 до 1580°C (гжельська цегла);

3) легкоплавкі, що витримують температуру до 1350°C (наприклад, глиняна цегла).

Вогнетривкі матеріали використовують для спорудження печей, топок, димових труб, обмурування котлів та інших конструкцій, що дуже нагріваються при спалюванні палива.

§ 4.6. Механічні властивості будівельних матеріалів

Міцність – це здатність матеріалів чинити опір внутрішнім напругам, що виникають під впливом зовнішніх сил.

Міцність характеризується границею міцності, тобто напругою, що відповідає навантаженню, яке причиняє руйнування зразка (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1.

Фізико-механічні властивості деяких матеріалів

Матеріал	Границя міцності при стиску, МПа	Істинна густина, г/см ³	Теплопровідність, Вт/(м·°)
Граніт	150-250	2,6-2,8	2,9-3,3
Вапняк компактний	50-150	2,4-2,6	0,8-1,0
Вапняк-черепаший	0,5-5	2,3-2,4	0,3-0,6
Цегла керамічна	10-20	2,6-2,7	0,8-0,9
Цегла силікатна	10-20	2,4-2,55	0,8-0,9
Бетон важкий	10-80	2,5-2,6	1,1-1,5
Бетон легкий	2-15	-	0,35-0,8
Деревина сосни	30-60	1,55-1,6	0,15-0,2
Сталь Ст3	380-450	7,8-7,9	58
Пластмаси	120-200	1,0-2,2	0,2-0,8
Портландцемент	30-60	3,0-3,2	-

Границя міцності при стиску або розтягуванні R дорівнює відношенню руйнівної сили $P_{руйн}$ до початкової площі зразка F , МПа:

$$R_{ст} = P_{руйн} / F.$$

Границю міцності при вигині визначають, випробовуючи невеликі балочки, виготовлені з перевіреного матеріалу. Зруйновують ці балочки одним або двома зосередженими вантажами. Границя міцності при вигині дорівнює $M_{па}$:

а) при одному зосередженому вантажі посередині прольоту:

$$R_{виг} = 3P_{руйн}l / 2bh^2;$$

б) при двох однакових зосереджених вантажах, розташованих у третинах прольоту:

$$R_{виг} = 3P_{руйн}l(1-a) / bh^2;$$

де l – відстань між опорами (проліт), см; b , h – відповідно ширина і висота зразка, см.

Дві важливі властивості будівельних матеріалів – середня густина і міцність – вимагають впровадження ще одного коефіцієнта конструктивної якості (ККЯ), який характеризується відношенням міцності матеріалу до його середньої густини:

$$KKЯ = \frac{R_{cm}}{\rho_m}$$

Твердість – це властивість матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого, твердішого матеріалу. Ця властивість матеріалів не завжди відповідає їх міцності, тобто матеріали з різними границями міцності при стиску можуть бути приблизно однакової тверді.

Існують різні методи визначення твердості матеріалів (Брінеля, Роквелла, Шора, Мооса).

Стираність називають властивість матеріалу зменшувати масу і об'єм під дією стираючих зусиль. Стираність – важливий показник для матеріалів, які застосовуються для виготовлення підлог, сходинок, східців, шляхових покриттів. Стираність матеріалу залежить від його структури, твердості, міцності та вологості. У лабораторних умовах стиранисть визначають на спеціальних машинах – колах стирання. Після випробування визначають втрату маси зразка. Масовий ступінь стиранисті матеріалу знаходять за формулою, г/см²:

$$c_m = \frac{m - m_1}{F},$$

де m , m_1 – маса зразка відповідно до і після стирання, г; F – площа поверхні стирання зразка, см².

Опір ударові (ударна міцність) – це властивість матеріалу чинити опір динамічним навантаженням і не руйнуватися при ударі. Ця властивість також важлива для матеріалів, які застосовуються для виготовлення підлог, шляхових й аеродромних покриттів тощо. При ударних навантаженнях напруження в матеріалі за мить може набути великих значень. Багато матеріалів, міцних при застосуванні статичних навантажень, руйнуються або дають тріщини при динамічних.

Зносостійкість – це властивість матеріалу чинити опір одночасній дії стиранисті та ударних навантажень.

Пружність називають властивість матеріалів змінювати свою форму під дією навантаження (без ознак руйнування) і відновлювати її після зняття

цього навантаження. Найбільше напруження, при якому матеріал має пружність, називається границею пружності. До пружних матеріалів належать деревина, сталь, багато пластмас.

Пластичністю називають здатність матеріалів змінювати під дією ? форму та розміри без утворення тріщин і зберігати її після зняття навантаження. До пластичних мінералів. Належать глиняне тісто, бетонні та розчинові суміші.

§ 4.7. Спеціальні властивості будівельних матеріалів

Хімічна (корозійна) стійкість – властивість матеріалу не руйнуватися під дією різних агресивних середовищ (кислот, лугів, солей). Чорні метали іржавіють навіть на повітрі; мрамур тьмяніє і втрачає міцність під дією сполук сірки; деревина не стійка до дії ?; гірські породи, цементи, бетони руйнуються кислотами.

Біологічна стійкість – властивість матеріалу чинити опір руйнівним діям рослинних і тваринних мікроорганізмів (гриби, лишайники і річні організми). Ця властивість важлива для матеріалів органічного походження (деревина) і для гідротехнічних споруд.

Довговічність – здатність матеріалу зберігати свої властивості під дією атмосферних факторів за весь час експлуатації споруди (перепади температур, зміна вологості, опади, дії кисню та інших газів). Процес змін властивостей матеріалів під дією атмосферних факторів називається старінням.

Адгезія – здатність матеріалу приставати до інших матеріалів. Ця властивість важлива для фарб, емульсій, паст, мастики.

Акустичні властивості характеризуються відношенням матеріалів, які використовуються у всіх категоріях будівель, до звукових хвиль. Матеріали відбивають, вбирають або пропускають їх по-різному.

Радіаційна стійкість – властивість матеріалу зберігати будову та фізико-механічні характеристики після дії іонізуючого випромінювання. Для

захисту від потоку нейтронів застосовують матеріали, які містять значну кількість зв'язаної води, від γ -випромінювання – матеріал з великою густиною (свинець, особливо важкий бетон). Зв'язану воду містять гідратовані бетони, лімонітова руда, водний оксид заліза та ін. Зменшити інтенсивність проникання нейтронного випромінювання через бетон можна шляхом введення до його складу спеціальних добавок (бору, кадмію, літію).

§ 4.8. Загальні відомості та класифікація природних кам'яних матеріалів

Природні кам'яні матеріали добувають з гірських порід.

Гірські породи – це мінеральна маса, що складається з одного або кількох мінералів. **Мінералом** називають речовину, яка утворилася в земній корі внаслідок різних фізико-хімічних процесів, однорідна за будовою, хімічним складом і фізичними властивостями.

Гірські породи та кам'яні матеріали з них класифікуються за такими ознаками:

За походженням (геологічна, генетична класифікація);

За середньою густиною (в сухому стані) поділяються на важкі $\rho_m > 1800 \text{ кг/м}^3$, середні $\rho_m = 1500\text{-}1800 \text{ кг/м}^3$ і легкі $\rho_m = 1000\text{-}1500 \text{ кг/м}^3$;

За границею міцності при стику: 4,7,10,15,25,35,50,75,100,125,150,200, 300,400,500,600,800,1000 кгс/см². Камінь з границею міцності при стиску 4-100 МПа належить до низько міцного (слабкого), при 125-400 МПа – до середньої міцності і при МПа і вище до високоміцного;

за морозостійкістю – 10,15,25,35,50,100,200,300,500;

за коефіцієнтом розм'якшення: на групи не менш як 0,6; 0,7; 1,0;

за видом використання: в природному стані; після спеціальної механічної обробки (розпилювання, тесання, шліфування тощо) для надання виробові заданої форми і зовнішнього вигляду (однак називають їх природними кам'яними матеріалами).

Породоутворюючі мінерали природних матеріалів. За поширенням у природі всі мінерали поділяють на: породоутворюючі і рудо утворюючі (тобто ті мінерали, з яких переважно складаються гірські породи та руди); другорядні, вміст яких в гірських породах менший за 1%, і рідкісні, наявні досить рідко і в невеликих кількостях (коштовне каміння, самородні метали тощо).

Розглянемо найважливіші породоутворюючі мінерали.

А. Група кремнезему. У найбільшій кількості в земній корі міститься вільний кремнійовий ангідрид або кремнезему SiO_2 (модифікації оксиду кремнію – кварц, опал і халцедон).

Кварц – найпоширеніша кристалічна модифікація кремнезему (густина $2,65 \text{ г/см}^3$, твердість 7, дуже висока хімічна стійкість, міцність на стиск близько 2000 МПа).

Для кварцу характерні поліморфні перетворення. Так, при температурі 573°C кварц із β -модифікації переходить в α -модифікацію (високотемпературну), зі збільшенням об'єму на 0,82%, а при $t > 1050^\circ\text{C}$ у α -кристобаліт, який в інтервалі температур $1400\text{--}1450^\circ\text{C}$ переходить у α -тридиміт з об'ємним розширенням 0,6%. Ці перетворення супроводяться розтріскуванням кварцевмісних порід при нагріванні. Температура плавлення кварцу 1723°C . При швидкому охолодженні розплав утворюється кварцове скло (густина $2,3 \text{ г/см}^3$) – атмосферний кремнезем.

Халцедон – приховано кристалічний різновид кварцу, містить до 1,0–1,5% води та незначні домішки заліза й алюмінію, густина $8,55\text{--}2,60 \text{ г/см}^3$, твердість 6,5–7,0.

Опал – мінерал, що є псевдогідролем, складу $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Вміст води в опалі від 2 до 14%. Опал має аморфну структуру, тому може сполучатися з вапном при нормальній температурі.

Б. Група алюмосилікатів. Друге місце після кремнезему за поширеністю в земній корі посідає глинозем Al_2O_3 . Вільний глинозем у природі наявний у вигляді мінералу корунду та ін.

Корунд – один з найтвердіших мінералів, його використовують для

виробництва вогнетривких матеріалів. Діаспор – це моногідрат глинозему $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ і містить Al_2O_3 . Діаспор входить до складу бокситів, котрі використовують як сировину для виробництва глиноземистого цементу.

Глинозем наявний у природі у вигляді хімічних сполук з кремнеземом та іншими оксидами, які називаються алюмосилікатами. Найпоширеніші в земній корі алюмосилікати – польові шпати. Залежно від кута спайності розрізняють ортоклаз, або калійовий польовий шпат $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ і плагіоклази. Останні поділяються на альбіт, або натрійовий польовий шпат $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ і аноріт, або кальційовий польовий шпат $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Густина польових шпатів 2,55-2,76 г/см³, твердість 6, міцність на стиск значно менша за міцність кварцу (120-170 МПа). Стійкість проти механічного та хімічного вивітрювання незначна; плавляться при 1170-1550°C.

Слюди – водні алюмосилікати складної та різноманітної будови, що легко розшаровуються на тонкі, гнучкі та пружні листочки і пластинки. Твердість 2-3. Види слюд: калійова – мусковіт, залізисто-магнезіальна (біотит), вермикуліт і гідрослюда золотисто-бурого кольору.

Каолініт, або водний алюмосилікат $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – продукт вивітрювання польових шпатів (густина 2,6 г/см³, твердість 1).

В. Група залізистомагнезіальних силікатів. Найпоширеніші породоутворюючі мінерали цієї групи – піроксени, амфіболи, олівін – темнозбарвлені мінерали.

Піроксени (авгіт), **амфіболи** (рогова обманка), **олівін** (хризотил, азбест. Для них характерні твердість 5-6, висока густина (3-4 г/см³), міцність на стиск 300-400 МПа.

Г. Група карбонатів. В осадових гірських породах найпоширеніші породоутворюючі карбонатні мінерали (карбонати); найважливіші з них – кальцит, магнезит і доломіт.

Кальцит або кристалічний вапнистий шпат CaCO_3 – один з найпоширеніших мінералів земної кори (густина 2,7 г/см³, твердість 3). Погано розчиняється у воді (0,03 г/л), але коли у воді розчинний діоксид вуглецю CO_2 ,

розчинність його стрімко збільшується. Утворюється кислий вуглекислий кальцій $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ розчинність якого у 100 разів більша, ніж у кальциту.

Магнезит (MgCO_3) поширений у вигляді землистих, або щільних агрегатів, які мають прихованокристалічну будову.

Доломіт – подвійна вуглекисла сіль кальцію та магнію $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ за властивостями близький до кальциту, але твердіший і міцніший, менш розчинний у воді.

Магматичні (вивержені) гірські породи та матеріали з них

М а с и в н і

А. Глибинні породи (інтрузивні) утворилися в результаті повільного вистигання магми на великій глибині при високих температурах.

Граніт має малу пористість і водовбирання, високу міцність і стійкість. Застосовується у вигляді плит для зовнішнього облицювання громадських будинків і гідротехнічних споруд; для виготовлення бортового (бордюрного) каменю і брущатки; для переробки на бутовий камінь і щебінь (заповнювач для важких бетонів).

Сієніт за зовнішнім виглядом і властивостями нагадує граніт. Використовується для виготовлення облицювальних виробів і щебеню, для покриття доріг.

Діорит використовується для покриття доріг, у виробництві облицювальних виробів і щебеню.

Габро використовується для облицювання покриття доріг, здобування щебеню.

Лабрадорит – коштовний облицювальний камінь. Має красивий колір: синій, голубий, зелений, золотистий.

Б. Вилиті породи (ефузивні) утворилися в результаті швидкого охолодження магми, яка вилилась у вигляді лави на поверхні Землі. Кожній глибинній породі відповідає аналог з вилитої породи, їх хімічний і мінеральний склад однаковий.

Порфіри поділяються на кварцовий (аналог граніту), без кварцовий (аналог сієніту) і порфірити (аналог діориту). Використовується для покриття доріг, щебеню і кам'яного лиття. Трахіт – аналог сієніту пористої будови, використовується як матеріал для стін і щебінь для бетонів.

Базальт – аналог габро. Використовується для покриття доріг, як щебінь для бетонів, для кам'яного лиття.

Діабаз – аналог габро. Використовується для покриття доріг і кам'яного лиття.

У л а м к о в і

Продукти перевідкладення та цементації пухкого матеріалу, викинутого вулканами.

А. Пухкі (вулканічний попіл) – порошкоподібні частки розміром від 0,1 до 2 мм. Більші фракції називаються вулканічним піском. Використовуються у виробництві теплоізоляційних матеріалів, а також як гідралічна добавка у виробництві в'язучих речовин.

Пемза – пориста порода (загальна пористість до 80%). Використовується у виробництві легких бетонів і теплоізоляційних матеріалів, а також як активна мінеральна добавка до цементів.

Б. Цементовані – вулканічні туфи – пористі породи, які утворюються внаслідок ущільнення вулканічного попелу. Більш щільні туфи називають трасами. **Туфи** і **траси** використовуються як активні мінеральні добавки у виробництві цементів.

Туфова лава утворилася в результаті потрапляння вулканічного попелу та піску в розтоплену лаву до її вистигання. Використовується як матеріал для стін і заповнювач для легких бетонів. Пористість 40-70%.

Осадкові гірські породи і матеріали з них

Початковим матеріалом для їх утворення слугують продукти руйнування гірських порід різного походження. Гірські породи руйнуються внаслідок вивітрювання, тобто дії води, вітру, коливання температури,

хімічних перетворень. Продукти руйнування або залишаються на місці, або переносяться вітром, льодовиками. Внаслідок осідання та нагромадження продуктів руйнування утворюються осадові гірські породи, які поділяються на три групи.

У л а м к о в і (механічні осадки)

А. Пухкі уламкові породи.

Великоуламкові – гравій і пісок розміром зерен більш як 2 мм.

Гравій використовується у будівництві доріг і як заповнювач для важких бетонів. Крупний пісок використовується як і мілкий заповнювач для важких бетонів і будівельних розчинів.

Середньоуламкові – пісок розміром зерен від 0,14 до 2 мм. Використовується як заповнювач для бетонів, розчинів, у виробництві скла і силікатних виробів і матеріалів.

Тонкоуламкові – розміром частинок менш як 0,01 мм – глини, лес. Використовуються у виробництві керамічних виробів і цементів.

Б. Цементовані уламкові породи, їх частинки зв'язані між собою мінеральною речовиною. До них належать пісковик, конгломерат, брекчія. Використовуються для мурування фундаментів, підпірних стінок, стін, неопалюваних будинків (будівель), для переробки на щебінь.

Хімічні осадкові матеріали.

Магнезит MgCO_3 використовується у виробництві вогнетривких матеріалів і каустичного магнезиту.

Доломіт CaCO_3 MgCO_3 використовується у виробництві вогнетривких матеріалів, каустичного доломіту, переробляється на щебінь.

Гіпс CaSO_4 використовується у виробництві гіпсових в'язучих, цементів, гіпсових виробів.

Ангідрит CaSO_4 – безводний гіпс, використовується там, де і гіпс, а також для внутрішнього облицювання приміщень.

Вапнякові туфи CaCO_3 застосовуються у виробництві вапна, цементу, для зовнішнього облицювання будівель.

Органічні осадки (органогенні). Утворилися внаслідок життєдіяльності та відмирання організмів у прісних і морських водоймах.

Вапняки CaCO_3 застосовуються для виготовлення облицювальних плит, сходів, підвіконь, для мурування фундаментів, будівель для переробки на щебінь, у виробництві вапна і цементів.

Вапняк-черепашиник CaCO_3 , з якого виготовляють штучні камені для мурування стін і перегородок.

Мергелі – суміш вапняка з глиною, природна сировина для виробництва цементів.

Крейда CaCO_3 застосовується у виробництві теплоізоляційних матеріалів, а також як активні мінеральні добавки до цементу для приготування фарб і замазок, виробництва вапна.

Трепел SiCO_2 застосовується у виробництві теплоізоляційних матеріалів, а також як активна мінеральна добавка до цементів.

Діатоміт (70% SiCO_2) застосовується там, де і трепел.

Метаморфічні (видозмінені) гірські породи та матеріали з них. Видозмінені породи утворювалися внаслідок глибоких змін у вивержених й осадових породах під дією високих температур або великого тиску. В результаті утворилися нові породи, відмінні за своїм і хімічним, і мінералогічним складом від початкових.

Гнейси застосовуються для мурування фундаментів, тротуарів у виробництві облицювальних плит, для переробки на щебінь.

Глинисті сланці застосовується як найбільш довговічний покрівельний матеріал – природний шифер.

Мармури легко розпилюються на плити, шліфуються, поліруються. Це коштовний декоративний і облицювальний матеріал, з якого виготовляють плити та плитки для внутрішнього і зовнішнього облицювання підлог, зокрема цементно-мозаїчних, сходів, підвіконь тощо.

Кварцити застосовуються у виробництві облицювальних виробів, таких як бутовий камінь і щебінь.

§ 4.9. Будівельна кераміка

Загальні відомості та класифікація матеріалів будівельної кераміки

Керамічні вироби виготовляють з природних глин або їх суміші органічними і мінеральними добавками. Виробництво складається з основних технологічних стадій: формування, сушіння та випалювання.

За призначення керамічні вироби поділяються на такі групи:

1. Матеріали стін – цегла глиняна звичайна, порожниста, пориста, будівельна легка, камені керамічні порожнисті, віброцегляні і керамічні панелі.
2. Вироби для зовнішнього облицювання будівель – лицьова цегла, лицьові камені плити та плитки фасадів, малогабаритні фасадні плитки, килимова кераміка, підвіконні зливи.
3. Вироби для внутрішнього опорядження приміщень – глазуровані (полив'яні) плитки для облицювання стін і перегородок, плитки для покриття підлоги, вмонтовані деталі.
4. Санітарно-технічні вироби – ванни, умивальники, раковини, унітази, змивні бачки.
5. Вироби для перекриття – порожнисті камені, камені для армокерамічних балок, камені для накатів.
6. Покрівельні вироби – черепиця різних видів.
7. Керамічні труби – каналізаційні і дренажні, камені для каналізаційних колекторів і колодязів.
8. Вироби спеціального призначення – цегла клінкерна, лекальна, клиноподібна, кислотривка, вогнетривка, теплоізоляційні вироби (діатомові та трепельні), керамзитовий гравій, щебінь і пісок.

Сировина для керамічних виробів. Глини переважно утворюються при руйнуванні польового шпату під впливом води та вуглекислоти. За ставленням до температури розрізняють глини трьох груп: вогнетривкі ($t > 1580^{\circ}\text{C}$), тугоплавкі ($1350^{\circ}\text{C} < t_{\text{пл}} < 1580^{\circ}\text{C}$) і легкоплавкі ($t < 1350^{\circ}\text{C}$). Вогнестійкість глин зумовлюється наявністю в них механічних домішок – кварцового піску, оксидів заліза, вапняку, органічних речовин. Чим чистіші

глини, тим вища їх вогнестійкість і пластичність. Основну будівельну кераміку виготовляють з легкоплавких глин.

Хімічний склад глин. Вони складаються з різних оксидів: Al_2O_3 (глинозем), SiO_2 (кремнезем), Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O і K_2O , вільна і хімічно зв'язана вода й органічні домішки. Оксиди утворюють глинисті мінерали, головним з яких є каолінит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, монтморилоніт $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Чим більший вміст Al_2O_3 , тим більша пластичність і вогнетривкість матеріалу. При збільшеному вмісті SiO_2 зменшується пластичність глин і міцність виробів. Від вмісту оксидів заліза залежить колір виробів і температура глини.

Основні властивості глини.

Пластичність – одна з найважливіших властивостей глин, що виникає лише при змішуванні глини з водою. Вона дає можливість формувати з них різні вироби. Чим більше в глинах тонких частинок (розміром менше 0,005 мм), тим вища їх пластичність.

Ступінь пластичності залежить від мінералогічного гранулометричного складу, форми та поверхні частинок, вмісту органічних домішок і води.

Гранулометричний (зерновий) склад: піщані фракції (0,14-5 мм), пилюваті частинки (0,005-0,14 мм), глинисті частинки (<0,005 мм).

Повітряна усадка – це процес зменшення лінійних розмірів (об'єму) виробу при висиханні сирого глини (в міру видалення води через зближення глинистих частинок). Повітряна усадка характеризується такими метрами:

для високопластичних глин – 10-15% при водопотребі 28% і більше;

для глин середньої пластичності – 7-10% при водопотребі 20-28%;

для малопластичних глин – менш як 7% при водопотребі до 20%.

Випалювання супроводиться зміною кольору, зменшенням об'єму та втратою пластичності. На початку випалювання при температурі 100-120°C видаляється вільна і фізично зв'язана вода; при температурах 460°C вигоряють органічні домішки і добавки; в інтервалі 450-800°C видаляється хімічно зв'язана вода, відбувається дегідратація чистих мінералів, вони руйнуються, і

глина переходить в аморфний стан, при підвищенні температури від 800 до 1200°C глина спікається, утворюється керамічний черепок (безпосередньо випалювання). Механічна міцність глини після випалювання збільшується, бо при нагріванні частина матеріалу розплавляється, а при охолодженні твердіє та цементує частинки, що не розплавилися.

Матеріали для стін. Для стінових керамічних виробів у загальному балансі стінових матеріалів займають 50% від всіх матеріалів.

Цеглу виробляють з легкоплавких глин, що їх добувають у кар'єрах відкритим способом. Виготовляють цеглу двома способами: пластичним (мокрим) і напівсухим. Найбільш поширений пластичний спосіб.

Технологічний процес виробництва глиняної цегли цим способом складається з таких операцій: підготовки маси, формування, сушіння та випалювання.

Формують глиняну масу в стрічкових пресах, зокрема вакуумних, де цегла формується з маси, майже позбавленої повітря. Це значно поліпшує будівельні властивості матеріалу. Продуктивність вакуум-преса становить до 10000 цеглин за годину.

Сушать відформовану масу (сирець) в природних умовах – у сушильних сараях або сушарнях протягом 8-15 діб.

Випалювання – найвідповідальніша операція – складається з трьох етапів: прогрівання сирцю, власне випалювання й охолодження. При випалюванні температура досягає 1000°C, і в результаті цього створюється каменевидний черепок.

Найекономічнішими є тунельні печі завдяки більшій механізації процесів випалювання і раціональному використанню теплоти.

Напівсухий спосіб виробництва цегли дає змогу застосовувати глиняну масу меншої вологості (зволоження 9-12%), що прискорює сушіння сирцю або зовсім виключає його. Проте цей спосіб потребує складнішого пресового устаткування, бо при формуванні сирцю потрібний тиск до 150 кгс/см². Є преси з годинною продуктивністю 2-10 тис.цеглин.

Цегла, виготовлена напівсухим способом пресування, має підвищену середню густину, меншу границю міцності при вигині і дещо меншу морозостійкість порівняно з цеглою пластичного виробництва.

Напівсухий спосіб дає можливість розширити сировинну базу, бо при ньому можна використати мало пластичні глини, що при пластичному способі неможливо.

Застосовується цегла глиняна звичайна для кладки зовнішніх і внутрішніх стін, перегородок у всіх типах будівель, для внутрішніх стовпів, печей, склепів, для несучих конструкцій, де її міцність повністю використовується, для заводського виготовлення цегляних стінових блоків і панелей.

Цегла глиняна порожниста виготовляється з легкоплавких глин методом пластичного формування. Пустоти можуть бути наскрізні, круглі та щілисті, проте обов'язково перпендикулярні постелі цегли. Розміри: 250x120x65 (88) модульна. Марки за R_{cm} 75,100,125,150; середня густина $\rho_m = 1000-1450$ кг/м³. Водовбирання не менше 6%, морозостійкість 15,25,35,50. Застосовується для кладки зовнішніх і внутрішніх стін, крім будівель з підвищеною вологістю (лазня, пральні), для заповнення стін каркасних будівель. Напівсухого пресування, пустотність 13-33%, пустоти нескрізні.

Цегла будівельна легка (пориста) виготовляється з легкоплавких глин з вигоряючими добавками або з діатомітів і трепелів. Розміри: одинарна 250x120x88 мм; подвійна 250x120x140, марки R_{cm} 50, 75,100. Морозостійкість не нижче за 10, середня густина $\rho_m = 700-1450$ кг/м³. Застосовується для кладки зовнішніх і внутрішніх стін будівель з нормальною вологістю. Не застосовується для несучих стін з підвищеною вологістю.

Каміні керамічні порожнисті виготовляються у вигляді перпендикулярними постелі. За призначенням бувають двох видів: для кладки несучих стін і для кладки внутрішніх стін і перегородок. Довжина 190-290 мм, ширина до 120 мм, товщина 138-288 мм; середня густина $\rho_m = 1300-1450$ кг/м³; морозостійкість 15,25,35,50; водовбирання не менш як 6%. Марки за R_{cm} 75,100,125,150.

Вироби для облицювання будівель. Ці вироби повинні мати високу водонепроникність, водостійкість, морозостійкість, добре протистояти стиску й ударові, мати високі декоративні якості, які не змінюються протягом періоду експлуатації.

Лицьова цегла та камені. Цеглу виготовляють суцільною і порожнистою, камені лише порожнисті. Лицьова поверхня може бути гладкою, рифленою або квітчастою, глазурованою і неглазурованою.

Плити фасадні керамічні виготовляють із світло палаючих глин. Прикріплюють до стіни, як правило, після збудування і осідання будівлі.

Плитки фасадні малогабаритні випускають різного кольору, глазуровані або ні, з гладкою або квітчастою поверхнею. З тильної сторони є виступи і заглиблення для кращого зчеплення зі стіною.

Килимова кераміка – це прямокутні або квадратні плитки, наклеєні на паперову основу.

Вироби для внутрішнього впорядкування стін і перегородок – це квадратні, прямокутні або фігурні пластинки, вкриті глазур'ю.

Плитки для підлоги бувають квадратні, прямокутні, трикутні, шестикутні і восьмигранні. Випускають 15 типів за формою і розмірами. Бувають двох видів: для звичайних підлог і для мозаїчних.

Керамічні (метлаські) плитки виготовляються з тугоплавких або вогнетривких глин. Колір білий, жовтий, червоний з різними відтінками. Лицьова поверхня: гладка, шорстка або рифлена, може бути рисунком. Водовбирання не більше 4%, стираність не перевищує 0,1 г/см².

Мозаїчні плитки наклеюють водорозчинним клеєм на аркуші паперу в різних поєднаннях у вигляді килимів. Бувають квадратні та прямокутні, розміри 48х48, 48х23, 23х23 мм. Водовбирання 3-4%. Стираність 0,1-0,25 г/см². Використовуються у всіх типах будівель для покриття підлог у приміщеннях з підвищеними декоративними вимогами.

Покрівельні вироби (черепиця). Черепиця з своїми технічними властивостями та собівартістю має значну перевагу перед іншими

покрівельними матеріалами, тому що не потребує ремонту протягом тривалого часу, і її виробництво нескладне.

Основною сировиною для виробництва черепиці є глина. Проте не всі глини мають однакову пластичність (здатність глиняного тіста набувати різної форми без появи тріщин і зберігати її), що має велике значення при виробництві черепиці.

Є чотири види черепиці: штампована, пазова, стрічкова плоска і гребенева.

Покрівля з черепиці відзначається високою довговічністю, вогнетривкістю, атмосферостійкістю. Недоліки: велика маса (потрібна міцна конструкція покрівлі), велика трудомісткість покрівельних робіт. Застосовується в малоповерховому сільському та приватному будівництві.

Санітарно-технічні вироби – виготовляють з яснопалюючих вогнетривких глин або каолінів з додаванням кварцу або польового шпату. Залежно від початкової сировини отримують твердий фаянс $\rho_m = 1,9-2,0$ г/см³; водовбирання – 10-12%, $R_{ст}$ до 100 МПа, глина – 45-65%, кварц – 25-40%, польовий шпат – 10-15%; напівфарфор $\rho_m = 2,0-2,2$ г/см³; водовбирання – 3-5%, $R_{ст} = 150-200$ МПа, глина – 40-50%, кварц – 40-45%, польовий шпат – 10-15% і сантехнічний фарфор $\rho_m = 2,2-2,3$ г/см³; водовбирання – 0,2-0,5%, $R_{ст}$ до 500 МПа, глина – 40-60%, кварц – 20-30%, польовий шпат – 20-30%.

Керамічні труби. Каналізаційні труби виготовляють з тугоплавких або вогнетривких глин із опіснюючими добавками. У середині і ззовні вкривають хімічно стійкою глазур'ю.

Дренажні труби виготовляють з пластичних легкоплавких глин довжиною 333-500 мм і внутрішнім діаметром від 25 до 250 мм (з інтервалом в 25 мм).

Камени для каналізаційних колекторів повинні бути хімічно стійкішими, ніж бетонні, $R_{ст}$ не менш як 200 МПа.

§ 4.10. Матеріали і вироби з мінеральних розплавів

Загальні відомості та класифікація. Загальною ознакою мінеральних розплавів є їх силікатна природа, тобто перевага в їх складі силікатів. Власне

силікатним розплавам притаманна здатність переходити при різкому охолодженні в скло-подібний стан.

Мінеральні розплави залежно від виду початкової сировини можна поділити на такі групи: скляні, кам'яні, шлакові, ситали і шлакоситали.

Фізико-хімічні основи виготовлення скла і його властивості. Склом називається аморфний матеріал, який добувають унаслідок переохолодження розплавів різного хімічного складу. Перехід скла з рідкого стану у твердий є оборотним. Всі види стекол мають однорідну структуру та їх властивості однакові по всіх напрямках. До його складу входять оксиди натрію, кальцію, магнію, калію. Для добування кольорового скла застосовують добавки оксидів міді, заліза, кобальту, марганцю, хрому.

Сировиною для виробництва скла є кварцовий пісок, слюда, вапняк, міт, вугілля тощо. Варіння скла здійснюють у скловарних печах при температурі до 1500°C . Будівельне скло має такі основні фізико-механічні властивості: $\rho=2,5-3,0 \text{ г/см}^3$; $R_{\text{ст}}=6000-12000 \text{ кгс/см}^2$; $R_{32}=360-1700 \text{ кгс/см}^2$; $R_{\text{розт}}=300-900 \text{ кгс/см}^2$; $\rho_m=2500-3000 \text{ кг/м}^3$; твердість за шкалою Мооса 5-7; $\lambda=0,4-0,8 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$; світлопроникність – до 97%. Скло має низьку термостійкість: при нагріванні й охолодженні воно руйнується. Має високу хімічну стійкість. Кислоти діють слабо. Розчини лугів і навіть чиста тепла вода повільно руйнують поверхню скла, яка стає каламутною і шорсткою.

Матеріали та вироби зі скляних розплавів

Віконне скло випускають 6 видів за товщиною 2; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 мм. Товщина повинна бути рівномірною по всьому листу. Застосовується для заскління вікон.

Вітринне скло буває поліроване і неpolіроване. Товщина 6-12 мм, $R_{\text{ст}}$ до 12000 кгс/см^2 . Застосовується для заскління вітрин і віконних прорізів в магазинах, клубах тощо.

Загартоване скло шляхом додаткової термічної обробки (загартування), що надало йому підвищеної механічної міцності та термостійкості. Застосовується для облаштування дверей, перегородок, стелі.

Армоване скло виготовляють шляхом запресовування в скломасу металевої сітки. Застосовується для облаштування дверей, перегородок, покрівлі, огороження ними маршів.

Візерункове скло (орнаментне) – одна поверхня гладка, друга – матова, тиснена або узорчаста. Застосовується там, де й армоване.

Стемаліт – загартоване листове скло, одна поверхня якого вкрита керамічною фарбою. Застосовується для внутрішнього та зовнішнього облицювання будівель, для виготовлення багатошарових навісних панелей.

Увіолеве скло пропускає 25-75% ультрафіолетового проміння, тобто набагато більше, ніж звичайне.

Триплекс – багатошарове скло.

Вироби зі скла

Профільоване скло (склопрофіль) випускають швелерного і коробчастого розрізу з безбарвного або фарбованого скла. Довжина до 6 м, ширина 250-500 мм. Застосовується для світло прозорих огорож і само несучих стін у промисловому, громадському і сільськогосподарському будівництві, для облаштування внутрішніх перегородок і прозорих покрівель у всіх типах будівель та інших споруд.

Склопакети виготовляють у вигляді пакета з двох або кількох стекол (листів), герметично з'єднаних по периметру. Наявність повітряних прошарків між листами підвищує теплозвукоізолюючі властивості та запобігає обмерзанню вікон зимою. Відстань між листами скла в пакеті становить 15-20 мм.

Склоблоки складаються з двох світло прозорих пресованих напівблоків, зварених по периметру. Внутрішня порожнина заповнена розрідженим повітрям, тому $\lambda=0,4$ Вт/(м·°С). За формою бувають: БК, БП, ВУ. Застосовуються для заповнення світлових прорізів, облаштування зовнішніх і внутрішніх світло прозорих огорож у всіх типах будівель, для облаштування перегородок ненесучих стан.

Скляні труби застосовуються для транспортування агресивних рідин і

газів. Для них характерні: висока хімічна стійкість, гладка внутрішня поверхня з малим коефіцієнтом тертя (малі енергозатрати на транспортування), прозорість (дає можливість контролювати процес). Недоліки: малий опір ударові і згину, крихкість.

Скляні облицювальні плити виготовляють з непрозорого скла різного кольору. Застосовуються для впорядкування перегородок, стін, стелі, фасадів будівель.

Скляні емальовані плитки одна поверхня вкрита білою або кольоровою емаллю, розміром 150x150 і 150x75 мм, $\delta = 3-5$ мм. Застосовується для упорядкування вестибулів стін, стель у лабораторіях і лікувальних закладах.

Килимово-мозаїчна плитка випускається наклеєною на папір (крафт-папір). Буває різного кольору, розміром від 15x15 до 25x25 мм. Застосовується для упорядкування лицьової поверхні залізобетонних стінових панелей.

Скляна смальта – плитки з двох шарів скла, між якими прокладена фольга. Розміри від 15x15 до 100x100 мм. Застосовується для зовнішнього і внутрішнього облицювання громадських будівель.

Скляна вата – це матеріал, який складається з тонких (5-6 мм) гнучких ниток. Скляна вата має високу міцність на розрив, хімічну стійкість, низьку звуко- і теплопровідність. Використовують як тепло- і звукоізоляційний матеріал в промисловості і будівництві. Піноскло і газоскло здобувають шляхом спучування розплаву розмеленого скла, змішаного з речовиною (вапняком, вугіллям), яка при температурі 750-850°C здатна виділяти газ.

Матеріали та вироби з кам'яного литва. Розплавлені вироби мають високу хімічну стійкість, густину, опір стираності і міцність. Вироби з кам'яного литва випускають у вигляді плоских, хвилястих плиток, жолобів, труб тощо. Застосовується в гірничозбагачувальній внутрішньої поверхні тічок, бункерах, кульових млинах, корпусах флотаційних машин, для покриття підлог і облаштування зливних стоків і каналів на хімічних підприємствах.

Матеріали та вироби з шлакових розплавів.

Шлакова пемза – ніздрюватий матеріал, який добувають в результаті спучування розплавлених шлаків при їх різкому охолодженні (грануляція). Середня густина 300-1100 кг/м³. Термозитів щебінь і пісок використовують як пористі заповнювачі у виробництві легких бетонів.

Шлакова вата – це матеріал, який складається з тонких склоподібних волокон: $\lambda=0,05$ Вт/(м·°C); $\rho_m = 250-300$ кг/м³. Добувають шляхом роздування різних шлаків струменем пари. Використовується як теплоізоляційний матеріал у вигляді плит.

Камені, облицювальні плитки, плитки для підлог виготовляють шляхом розливання розплавлених металургійних шлаків безпосередньо у форми заданих розмірів. Застосовуються як антикорозійні покриття в умовах агресивного середовища.

Склокристалічні матеріали (ситали і шлакоситали). Це відносно новий вид будівельних матеріалів, який добувають методом спрямованої кристалізації при введенні каталізаторів. Назва їх походить від скорочення двох слів: силікат і кристал.

Сировиною слугує для ситалів скляна сировина, для шлакоситалів – металургійні шлаки. Каталізатори – фтор, сульфід заліза і марганцю. Від звичайного скла відрізняються мікрокристалічною будовою, яку отримують за допомогою додаткової термообробки скла. Ситал – це щільний, гладкий, непрозорий матеріал темного кольору, має велику міцність на стиск (до 500 МПа) і високу хімічну теплову стійкість, гарні діелектричні властивості.

§ 4.11. Метали та металовироби

Загальні відомості та класифікація. Метали – найбільш поширений матеріал у всіх галузях народного господарства.

Широкому використанню металів у будівництві сприяє ряд їх цінних технічних властивостей: висока міцність, пластичність, підвищена теплопровідність, електропровідність і зварність. Однак метали мають

недоліки: при дії газів і вологи піддаються корозії, а з підвищенням температури деформуються.

Метали поділяють на дві групи: чорні та кольорові. Чорні метали (сталі і чавун) застосовують у будівництві для виготовлення різних конструкцій (арматура для залізобетону, ферми, каркаси будівель, щогли), санітарно-технічних виробів (труби, опалювальні радіатори, фасонні частини), упорядкування деталей.

Чавун – сплав заліза з вуглецем, вміст цільних чавунах (феросплавах) кількість вуглецю досягає 5-6%, а в звичайних – 4%.

Сталь – сплав заліза з вуглецем, в якому вуглецю не більше як 2%. За кількістю вуглецю розрізняють *маловуглецеві* (до 0,25%), *вуглецеві* (0,25-0,6%) і *високовуглецеві* (понад 0,6%) сталі. У будівництві застосовують переважно перший і другий типи.

Для поліпшення технічних властивостей (корозійної стійкості, пружності, ковкості тощо) до деталей додають різні легуючі речовини: марганець, хром, нікель, алюміній, мідь. Сталі, що містять понад 10% цих добавок, називають *високолегованими*, від 2,5 до 10% – *середньолегованими* і до 2,5% – *низьколегованими*, їх вартість вища за звичайну. У будівництві переважно застосовують низьколеговані сталі.

Кольорові метали використовують переважно у різних сплавах.

Наприклад, дюралюміній – це сплав алюмінію (92-95%) з міддю, магнієм і кремнеземом (6-8%); бронза – це сплав міді (60%) з цинком.

Будова й основні властивості металів. Будова металів.

Фізико-механічні властивості металів тісно пов'язані з особливостями їх кристалічної будови. У твердому стані атоми всіх металів і металевих сплавів розміщуються у точному порядку, утворюючи в просторі правильну кристалічну решітку. У промислових металах найбільш поширеними є такі кристалічні решітки: кубічна об'ємноцентрована, кубічна гранецентрована і гексагональна. Кожна решітка має відповідне число атомів і характеризується певною відстанню між ними; кожний метал має визначену

решітку. Проте ряд металів залежно від температури, тиску та інших факторів можуть мати кілька решіток. Існування одного металу в кількох кристалічних формах називається *алотропією*. Різні кристалічні форми одного металу називаються алотропічними модифікаціями.

Властивості металів. Найважливішими з них є фізичні та теплові, механічні та технологічні.

Фізичні та теплові властивості:

Густина – легкі метали і їх сплави (Al, Mg) мають $\rho_{\text{л}} = 3 \text{ г/см}^3 / \rho < 3000 \text{ кг/м}^3$; важкі метали і їх сплави мають $\rho_{\text{в}} = 7 \text{ г/см}^3 / \rho = 7000 \text{ кг/м}^3$.

Температура плавлення змінюється при введенні в метал добавок. Більшість сплавів на основі заліза мають температуру плавлення нижчу, ніж метали, які вводяться у їх склад. Сплави нікелю й алюмінію мають температуру плавлення вищу, ніж чистий нікель і алюміній. Температура плавлення олова – 232°C , вольфраму – 3390°C , заліза – 1539°C , чавуну – 1130°C .

Розширення при нагріванні характеризується коефіцієнтом лінійного й об'ємного розширення. Ця властивість враховується при проектуванні металевих конструкцій, бо коливання температури можуть призвести до руйнування споруди.

Механічні властивості.

Міцність. Розрізняють міцність на розтягання, стиск, згин, кручення. Вона характеризується границею міцності. Універсальним показником для всіх металів і сплавів є границя міцності на розтягання, цю міцність називають тимчасовим опором.

Границя текучості – це мінімальні напруги, при яких метал деформується без збільшення прикладеного навантаження. Наприклад, якщо до зразка прикласти розтяжне навантаження і збільшувати його, то при досягненні певної напруги без його подальшого збільшення зразок збільшуватиме свою довжину аж до розриву (за рахунок зменшення діаметру).

Утомленість – властивість металу руйнуватися під дією внутрішніх напруг, значно менших від границі міцності, які виникають у результаті

прикладення багаторазових повторно-змінних навантажень.

Повзучість – властивість металу деформуватися під дією постійної прикладених навантажень. У результаті повзучості можуть збільшитися і прогини металевих конструкцій. Особливо небезпечна вона в арматурній сталі для залізобетонних конструкцій з попереднім натягом арматури (може виникнути втрата попереднього натягу, що призведе до утворення тріщин у бетоні).

В'язкість розрізняють статичну, характеризується відносним видовженням зразка при розтяганні до його початкової довжини, і динамічну (ударну), яка характеризується роботою, необхідною для зруйнування зразка ударним навантаженням.

Технологічні властивості.

Пластичність – властивість металу під дією зовнішніх сил змінювати свою форму без руйнування і зберігати її (змінену форму) після зняття навантаження. Ця властивість важлива при отриманні різних виробів куванням, прокаткою, волочінням.

Рідкотекучість – властивість розплавленого металу добре заповнювати ливарні форми.

Усадка – властивість розплавленого металу зменшуватися в об'ємі при застиганні й охолодженні.

Зварність – властивість металу утворювати міцні з'єднання при їх місцевому нагріванні до пластичного або рідкого стану.

Оброблюваність – властивість металу піддаватись обточуванню, різанню, сверлінню тощо.

Обробка металів. Чавун або сталь після їх виплавлення розливають по спеціальних формах (виливницях). Вистиглий метал далі обробляють різними способами, щоб одержати вироби.

Обробка тиском передбачає прокат, кування, штампування та пресування.

Прокат – це обтиск металу (як правило, в гарячому стані) між обертовими валками; при цьому заготовка зменшується в перерізі і

витагується. Прокатом можна виготовляти арматуру, рейки, листову і пруткову сталь, балки.

Волочіння – це протягування металевої заготовки в холодному стані через отвір, переріз якого менший від її розміру. Заготовка обтискується, а її профіль відповідає формі отвору в метриці. Так виготовляють трубки та прутки різного перерізу.

Кування – процес деформації розжареного металу під дією ударів молота, що повторюються. При цьому метал має можливість вільно розтікатися на всі боки (вільне кування). Цим способом виготовляють анкери, скоби, болти.

Штампування відрізняється від кування тим, що метал під ударами молота заповнює форми штампів; вироби при цьому набирають потрібних дуже точних розмірів.

Пресування – це видавлювання металу із замкненого простору, наприклад, циліндра через отвір; при цьому метал набуває форми прутка з профілем, що відповідає перерізу отвору – круглої, квадратної та ін. Пресуванням виготовляють порожнисті вироби (труби). Цим способом добре обробляти кольорові метали.

Термічна обробка підвищує твердість і пластичність сталі, зменшує її крихкість. Розрізняють такі види цієї обробки: гартування, відпускання, відпал.

Гартування дало можливість підвищити твердість сталі. Для цього виріб нагрівають до температури 800-900°C і потім швидко охолоджують у воді або маслі; сталь при цьому може стати дуже крихкою.

Відпускання на відміну від гартування не підвищує крихкості сталі. Цього досягають, нагріваючи виріб до 300-600°C і швидко або поволі охолоджуючи.

Відпал підвищує пластичність і зменшує крихкість виробу. Для цього нагрівають до 800-900°C і поволі охолоджують у печі або піску.

Лиття – це розлив розплавленого металу по формах, які за своїми конфігураціями та розмірами точно відповідають майбутньому виробові.

Лиття застосовують переважно для виготовлення виробів з чавуну: лувальних радіаторів, архітектурних деталей тощо.

Захист металів від корозії.

Корозія – це руйнування металу внаслідок хімічних або електрохімічних реакцій, що відбуваються між ними і середовищем. Корозія може бути місцевою (коли метал руйнується в кількох місцях), рівномірною (метал руйнується по всій поверхні) та мікрокристалічною (метал руйнується всередині, на межах зерен).

Хімічну корозію спричиняють сухі гази і розчини неелектролітів – масел, бензину, гасу.

Електрохімічна корозія виникає при дії на метал розчинів електролітів, при цьому метал, віддаючи свої іони електроліту, поступово руйнується.

Шкідливо впливають на сталь луги і кислоти. Корозія металу підсилюється також при дії вуглекислоти або сірчистого газу; при зволоженні поверхні металу утворюються кислоти, які взаємодіють з ними.

Захищати метал від корозії можна різними способами. Найпростіший захист – це *покриття металу лакофарбовими матеріалами*. Їх плівка ізолює метал від дії зовнішнього середовища (вологи, газу).

Досконаліші і довговічніші способи захисту – це *легування*, сплавлення металу з легуючими добавками, що підвищують його корозійну стійкість; *воронування* – утворення на поверхні металу захисного шару оксидів (оксидна плівка); *металеве покриття* – нанесення на поверхню одного металу плівки іншого (олова, цинку, алюмінію), який менше піддається корозії. Цього досягають гальванічним способом або наносячи розплавлений метал.

Будівельні металеві вироби. У будівництві застосовують прокатний метал, арматурну сталь для залізобетону, труби, сталеві виливки і чавунне литво.

Прокатна сталь випускається різних профілів: штабова, квадратна, кругла, листова, хвиляста, а також сталевий прокат – кутики, двотаври, швелери тощо.

Арматурна сталь випускається у вигляді дрота діаметром 1,5-5 мм і стержнів діаметром 6-40 мм і більше. Ці стержні бувають рівні або з періодичним профілем, що забезпечує менше зчеплення з бетоном. Періодичний профіль виходить при гарячій прокатці стержнів або при сплющуванні їх у холодному стані на спеціальних верстатах. У цьому випадку водночас із сплющуванням відбувається зміцнення сталі (наклеп), що сприяє підвищенню її границі текучості (до 30%).

Сталеві канати виготовляють одно- і багатосталковими, з хрещатим або однобічним суканням, з органічним або металевим осердям. Канати роблять з дроту марок В (вища) і ясного або оцинкованого, з границею міцності при розтягання від 1100 до 20000 кгс/см². За розривне зусилля каната беруть сумарну розривну силу всіх його дротин або фактичне зусилля випробування виробу.

Канати використовують для такелажних і монтажних робіт, для відтяжок щогл і для вантових конструкцій.

Паковки – це скоби, штирі, нагелі, кільця, болти, гайки, гвинти, цвяхи, заклепки та ін.

Чавуни застосовують у будівництві для конструкцій і елементів, що працюють на стиск з невеликим вигином (опорні деталі, башмаки, колони), для виготовлення санітарно-технічних виробів (опалювальних радіаторів, труб, фасонних частин), а також архітектурно-художніх деталей.

§ 4.12. Мінеральні в'язучі речовини

Загальні положення. Мінеральні в'язучі речовини – це порошкоподібні матеріали, здатні при змішуванні з водою утворювати легкоформоване тісто, яке під впливом ряду фізико-хімічних процесів твердіє та набуває каменевидного стану.

Повітряні в'язучі речовини тверднуть і зберігають міцність на повітрі (повітряне вапно, будівельний гіпс, рідке скло, магнезіальні та кислототривкий цемент).

Гідравлічні в'язучі речовини мають ці властивості не лише на повітрі, а і у воді. До цієї групи належать портландцемент і його різновиди, пуцолановий, шлаковий, глиноземистий та ін.

Гіпсові в'язучі речовини. Сировиною для виробництва слугують природний гіпсовий камінь $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ангідрит CaSO_4 і відходи хімічної промисловості (фосфогіпс). Добувають їх шляхом випалювання сировини. За умовами випалювання гіпсові в'язучі поділяються на дві групи:

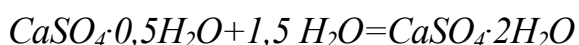
а) низьковипалювальні ($150-180^\circ\text{C}$) - це швидкоотужавіючі та швидкоотверднучі в'язучі, які складаються з напівводного гіпсу (будівельний і високоміцний гіпс);

б) високівипалювальні ($600-1000^\circ\text{C}$) - це повільно отужавіючі та тверднучі в'язучі, які складаються з безводного гіпсу CaSO_4 (ангідритовий цемент і високовипалювальний гіпс, естрих-гіпс).

Будівельний гіпс здобувається в результаті термічної обробки двоводного гіпсу у варильних котлах при $150-160^\circ\text{C}$, при цьому він дегідратується, тобто розкладається на напівводний (будівельний) гіпс і воду за реакцією:



У процесі отужавіння та тверднення напівводний гіпс сполучається з водою і знову перетворюється у двоводний за реакцією:



Спочатку двоводний гіпс виділяється у вигляді колоїдних (дуже дрібних) частинок, потім вони укрупнюються у кристали, які зростають чи міцний гіпсовий камінь. При висушуванні його міцність підвищується, бо зайва вода випаровується, кристали ущільнюються. Після повного висушування зростання міцності, гіпсового каменю припиняється.

При зволоженні гіпсові матеріали та вироби розм'якшуються, втрачають міцність. Для підвищення водостійкості до гіпсу додають вапно, мелений шлак, портландцемент або вкривають гіпсові вироби водонепроникними обмазками (масляними, казеїновими тощо).

У виробничих умовах часто виникає потреба сповільнити отужавіння

гіпсового тіста. З цією метою у воду для замішування гіпсу додають розчин столярного клею, сульфітно-спиртову барду (ССБ), молоко, відвар сінного борошна та інші сповільнювачі тужавіння.

Застосовується будівельний гіпс у виробництві гіпсових і гіпсобетонних виробів, штукатурних розчинів, декоративних деталей, у виробництві цементів. Недолік виробів на основі гіпсу – низка водостійкості.

Високоміцний гіпс здобувають, запарюючи двоводний гіпс у спеціальних герметично закритих котлах-автоклавах з температурою пари 160-180°C і потім перемелюючи.

Ангідритовий цемент – продукт випалювання двоводного гіпсу при 600-800°C. Цей цемент випускають чотирьох марок: 50, 100, 150, 200. Марку визначають за границею міцності при стиску стандартних зразків, виготовлених з розчину жорсткості консистенції, складу 1:3 (цемент:пісок) і випробуваних на 28-й день після виготовлення.

Вироби на основі гіпсу. Вироби на основі гіпсу при порівняно невеликій середній густині відзначаються досить високою міцністю, низьким коефіцієнтом теплопровідності та високими звукоізоляційними властивостями, що дає можливість використовувати їх для будівельних потреб.

Мінеральні заповнювачі бувають:

- а) **природні** – пісок, вапняк-черепашник, пемза, туфи;
- б) **штучні** - металургійні та паливні шлаки, керамзит, термозит, аглопорит.

Органічні заповнювачі: деревна тирса, стружка, солома, стебла кукурудзи, очерету, соняшника, паперова макулатура, відходи текстильної промисловості.

Плити для перегородок можуть бути гіпсовими, гіпсобетонними та гіпсоволокнистими.

Панелі для перегородок бувають гіпсобетонними та гіпсоволокнистими, у них закладають дверні коробки та інші деталі.

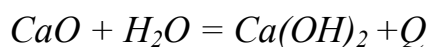
Гіпсова суха штукатурка (гіпсові обшивні листи) – це тонкий шар

затверділого гіпсу, вкритого з двох боків листами міцного картону, які повинні міцно зчіплюватися з гіпсом.

Будівельне повітряне вапно. Повітряним вапном називають в'язучу речовину, яка утворюється при помірному випалюванні (не доводячи до спікання) карбонатних порід (вапняку, крейди, доломітизованих вапняків тощо), які містять не більше 6% глинистих домішок.

Негашене мелене вапно здобувають при механічному подрібненні грудкового вапна.

Гашене вапно. Гашення вапна водою відбувається за реакцією:



Вода, проникаючи в глибину вапняних зерен, вступає в хімічну взаємодію з СаО; теплота, що виділяється при цьому, перетворює воду на пар. Оскільки в результаті такого переходу збільшується об'єм води, в зернах вапна виникають внутрішні розтягуючі напруги, що призводять до їх подрібнення на тонкий порошок. При гашенні об'єм вапна збільшується в 2–3 рази.

Вироби на основі вапна.

Силікатна (вапняно-піщана) цегла виготовляється із суміші кварцового піску (92-95%) і негашеного вапна (5-8%), пересуванням і подальшим запарюванням в автоклавах.

Вапно має бути чистим, швидкогашеним, а пісок – з високим вмістом кремнезему, бажано гірський (шорсткий і гострокутної форми). Технологія виготовлення силікатної цегли така. Подрібнене негашене вапно і кварцовий пісок надходять у вапногасильні апарати – в силоси або гасильні барабани. Після гашення вапна вапняно-піщану суміш мелють і зволожують. Потім з цієї суміші формують цеглу на спеціальних пресах, які створюють тиск 150-200 кгс/см².

Силікатна цегла має такі самі розміри і форми, що й звичайна цегла 250x120x65 (88) мм.

Силікатна цегла використовується для стін житлових, громадських і промислових будівель.

Великорозмірні вироби із силікатного бетону. Силікатний бетон – це затверділа в автоклаві ущільнена суміш, яка складається з кварцового піску (9-15%) і негашеного вапна (6-10%).

Ніздрюваті силікатні матеріали. Поділяються на піно- і газосилікатні:

а) *піносилікати* виготовляють із суміші вапна-кипінки (до 25%), молотого кварцового піску (до 75%) з додаванням піноутворювача. У піносилікатних виробках ніздрювата структура створюється механічним шляхом у результаті збивання водного розчину піноутворювача (клеєканіфольний, смолосапонінний, гідролізована кров тощо);

б) *газосилікати* виготовляють з вапняно-піщаної суміші з додаванням газоутворювачів. У газосилікатах структура утворюється хімічним шляхом, тобто змішуванням вапняно-піщаної цегли з газоутворювачем (пергідроль, алюмінійова пудра тощо).

Магнезіальні в'язучі речовини. До магнезіальних в'язучих речовин належать каустичний магнезит MgO і каустичний доломіт $MgO \cdot CaCO_3$, які добувають помірним випалюванням при 800-850 °С природного магнезиту $MgCO_3$ або при 650-750 °С природного доломіту $MgCO_3 \cdot CaCO_3$

Після випалювання продукт подрібнюють, а потім мелють у кульових млинах.

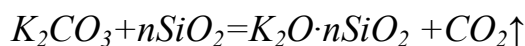
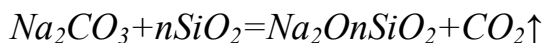
Матеріали і вироби на основі мінеральних в'язучих речовин. Застосовують магнезіальні в'язучі речовини для виробництва ксилоліту, фіброліту, теплоізоляційних виробів, штукатурного розчину, штучного мармуру та різних виробів для внутрішнього облицювання і облаштування приміщень.

Фіброліт – це штучний матеріал, який добувають з деревної стружки і каустичного магнезиту та доломіту, який змішують з хлористим магнієм.

Ксилоліт – це затверділа суміш деревної тирси і каустичного магнезиту чи доломіту, замішаних $MgCl_2$.

Недолік фіброліту і ксилоліту – низька водостійкість; застосовуються в сухих приміщеннях ($W < 60\%$).

Розчинне скло - це розчинні у воді силікати натрію $Na_2O \cdot nSiO_2$ або калію $K_2O \cdot nSiO_2$, які утворюються в скловарильних печах із суміші кварцового піску з содою Na_2CO_3 або поташем K_2CO_3 .



Гідравлічні в'язучі речовини добувають випалюванням гірських порід або змішуванням вапна з активними мінеральними добавками. Вони характеризуються здатністю до гідравлічного тверднення на повітрі і у воді і складаються головним чином з оксиду кальцію CaO , кремнезему SiO_2 , глинозему Al_2O_3 або оксиду заліза Fe_2O_3 .

Гідравлічним вапном називають в'язучу речовину, що добувають при помірному ($900-1000^\circ C$) випалюванні (не до спікання) мергелистих вапняків, які містять від 6 до 20% глинистих домішок, і подальшому подрібненні продукту випалювання гашенням або помелом. Гідравлічне вапно складається зі сполук, що надають йому гідравлічних властивостей, й елементу, що твердне тільки на повітрі. Гідравлічні властивості пояснюються наявністю в його складі двокальційового силікату $2CaO \cdot SiO_2$, двокальційового фериту $2CaO \cdot Fe_2O_3$ й однокальційового алюмінату $CaO \cdot Al_2O_3$, а повітряні – вільного вапна CaO , що не увійшло у взаємодію з іншими оксидами (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3) у процесі випалювання сировини.

Чим більше в гідравлічному вапні вільного оксиду кальцію CaO , тим менші його гідравлічні властивості (слабогідравлічне вапно, $m = 4,5-9,0$), і навпаки (сильногідравлічне вапно $m = 1,7-4,5$).

При твердненні гідравлічного вапна спочатку відбуваються процеси, характерні для повітряного тверднення (реба створити повітряносухі умови), а потім розвиваються процеси гідравлічного тверднення (потрібна підвищена вологість оточення, щоб забезпечити утворення гідратних сполук).

Здатність до гідравлічного тверднення дає можливість використати це вапно для штукатурних і кладкових розчинів, що застосовуються в будівництві частин будівель і споруд, які експлуатуються в сухому та вологому середовищах.

Романцемент добувається при випалюванні вапнякових або магнезійних мергелів, а також штучних сумішей, що складаються з вапняку та глини ($t_{\text{вип}} = 1000-1100^{\circ}\text{C}$), глини не менше як 25%. При подрібненні продукту випалювання можна давати добавки: до 5% гіпсу (для регулювання термінів тужавіння) і до 15% активних мінеральних добавок, що підвищують водостійкість цементу.

На відміну від гідравлічного вапна в романцементі не повинно бути вільного оксиду кальцію. Все вапно зв'язане в романцементі як гідравлічні сполуки – $2\text{CaOSiO}_2(\text{C}_2\text{S})$, $\text{CaO Al}_2\text{O}_3(\text{CA})$ та ін.

За границею міцності при стиску романцемент поділяється на три марки: 25, 50 і 100. Його використовують для кладкових і штукатурних розчинів, а також бетонів низьких марок, що піддаються впливу води. При виготовленні стінових каменів і блоків з обов'язковою обробкою виробу гарячою парою.

Портландцемент. За виробництвом і застосуванням портландцемент (ПЦ) посідає перше місце серед інших в'язучих речовин.

ГОСТ 10178-85 передбачає випуск трьох різновидів ПЦ: Д0 – без добавок, Д5 - з введенням до 5% і Д20 /АМД = 5-20%/.

Мінералогічний склад клінкеру – одна з найповніших і надійніших його характеристик. Дослідами вітчизняних і зарубіжних учених було встановлено, що найважливіші будівельні властивості ПЦ залежать від мінералогічного складу клінкеру та питомої поверхні цементу $S_{\text{нут}}$.

Таким чином, портландцемент є основною гідравлічною в'язучою речовиною і тепер широко застосовується в будівництві. Його випуск становить приблизно 60% від загального обсягу цементного виробництва.

Портландцемент – продукт тонкого подрібнення, цементного клінкеру,

який добувають випалюванням до спікання (1450°C) вапнякових мергелів або штучної суміші з 75% вапняку і 25% глини. Регулювання строків тужавіння при помелі клінкеру в нього додають до 5% гіпсу, а для зниження вартості цементу – до 15% активної мінеральної добавки.

Виробництво портландцементу. Залежно від умов приготування сировинної суміші застосовуються два способи виробництва портландцементу: мокрий і сухий. Вибір способу зумовлений багатьма факторами, і в першу чергу якістю сировини.

Мокрий спосіб виробництва портландцементу. Більшість цементних заводів звичайно працюють на штучних сумішах мокрим способом. Сировину, доставлену на завод, спочатку подрібнюють (вапняк – у дробарках, глину – у глинобовтанках), потім густу сметаноподібну масу перемішують з вапняком і здобутий шлам вологістю 35-40% подають у трубні млини, де суміш остаточно подрібнюють якнайтонше. Трубний млин є сталевий барабан завдовжки до 15,0 м і діаметром до 3,0 м, що обертається навколо горизонтальної осі і поділений дірчастими перегородками на кілька камер. Суміш надходить у барабан через порожнисту цапфу і поступово пересуваючись до другого кінця млина тонко подрібнюється сталевими кулями різного діаметра, що містяться в барабані.

Сухий спосіб виробництва портландцементу. Цей спосіб простіший за мокрий, бо відсутній процес утворення шламу. Сировину подрібнюють у дробарках до крупності 2,5 м, а потім через дозатори подають у трубний млин для остаточного подрібнення. Далі вона надходить у корекційні силоси, де коригують її хімічний склад і гомогенізують. Після того випалюють в обортових печах з циклонним теплообмінником. Усі подальші стадії аналогічні мокрому способу.

Новий спосіб виробництва портландцементу – шляхом випалювання клінкеру в сольовому розчині хлоридів. При цьому способі основне реакційне середовище в печі /силікатний розплав/ замінено сольовим розплавом на основі хлориду кальцію.

Тверднення портландцементу. Це складний фізико-хімічний процес, який за теорією О.О. Байкова, В.Н. Юнга, Ю.М. Бутта та інших учених можна поділити на три періоди.

Перший період – взаємодія клінкерних мінералів з водою. Трикальційовий і двокальційовий силікати піддаються гідратації (приєднують молекули води) і гідролізу (розкладаються), в результаті чого виділяються нові сполуки – гідросилікати і гідроксид кальцію.

Другий період – колоїдація. Гідратні сполуки через свою погану розчинність швидко насичують розчин, тому нові порції продуктів дії клінкерних мінералів з водою починають виділятися в колоїдному стані, утворюючи клейку колоїдну масу – гель (драгли). Гель склеює частинки цементу, при цьому цементне тісто втрачає пластичність, починає тужавіти.

Третій період – кристалізація. Найменш стійкі в колоїдному стані оксид кальцію та трикальційовий гідроалюмінат поступово переходять стійкий стан – кристалічний.

Основні властивості портландцементу. Густина, насипна густина ПЦ: $\rho = 3,0-3,2 \text{ г/см}^3$, $\rho_m = 900-1100 \text{ кг/м}^3$ в насипному стані і $\rho_n = 1400-1700 \text{ кг/м}^3$ в ущільненому стані.

Тонкість помолу цементу характеризує ступінь його подрібнення та встановлюється ситовим аналізом. За технічними вимогами залишок на ситі № 008 має становити не більше як 15%.

Строки тужавіння портландцементного тіста залежать від:

а) *тонкості помолу* - чим тонший помел, тим швидше тужавіє та твердне портландцементне тісто;

б) *мінералогічного складу* - ПЦ твердне тим швидше, чим більше в ньому міститься C_3S і C_3A . Цементи з високим вмістом C_2S (білітові) тужавіють повільно і спочатку повільно тверднуть, проте поступово і рівномірно набирають міцності до кінця тверднення;

в) *водовимоги цементу* – це кількість води у процентах від маси цементу, необхідної для його повної гідратації й отримання тіста нормальної

крутості (густоти). Для процесу гідратації необхідно 15% води. Повна водовимога становить 24-30%. Чим нижча водовимога, тим швидше тужавіє та твердне цементне тісто.

г) *початок тужавіння цементного тіста* нормальної густоти (крутості) має наставати не раніше як через 45 хвилин, а кінець тужавіння – не пізніше як через 10 годин після початку замішування. Ці строки тужавіння забезпечують можливість транспортування та застосування розчинових і бетонних сумішей до моменту втрати ними пластичності та легкоукладальності. Для регулювання строків тужавіння до ПЦ додають гіпс (до 5%). З підвищенням температури тужавіння та тверднення ПЦ прискорюються і навпаки.

Морозостійкість портландцементного каменю залежить від:

а) *тонкості помолу* – до 5000-6000 $\text{см}^2/\text{г}$ морозостійкість підвищується, при подальшому збільшенні тонкості помелу вона знижується внаслідок пористої будови новоутворень надтонкого цементу;

б) *мінералогічного складу* – найменш морозостійким є мінерал $\text{C}_3\text{A}(3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3)$, а тому його вміст для морозостійких бетонів обмежують 5–7%; активні мінеральні добавки також знижують морозостійкість портландцементного каменю внаслідок їх пористої будови та низької морозостійкості продуктів їх взаємодії з клінкерними мінералами;

в) *водоцементного відношення* – його збільшення призводить до зниження морозостійкості, адже вільна (зайва) вода, випаровуючись, утворює пори.

Міцність ПЦ каменю характеризується маркою (активністю) цементу, яку встановлюють за результатами випробувань зразків-балочок (4x4x16 см) віком 28 діб. ПЦ має марки 400, 500, 550, 600.

Міцність портландцементного каменю залежить від таких чинників:

а) *строки тверднення* – на третій день міцність досягає 40-50% від марочної, а на сьомий – 60-70%; далі зростання міцності ще сповільнюється і лише на 28 добу досягає марочної; проте по закінченні 28 діб цементний камінь, продовжує набирати міцності, яка може надалі в кілька разів

перевищувати марочну. Цей процес ще не досить вивчений, проте вважають, що збільшення міцності з часом проходить за логарифмічним законом.

б) *мінералогічного складу* – найшвидше набирають міцності $C_3A(3CaO \cdot SiO_2)$, і $C_3A(3CaO \cdot Al_2O_3)$, оскільки гідратуються швидше ніж $C_2A(2CaO \cdot SiO_2)$ і $C_4AF(4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3)$. На початку твердіння C_2S набирає міцності повільно, а потім швидше і може досягти міцності C_3S (навіть може перевищувати її). Тому, якщо потрібно здобути бетон високої міцності в короткі строки, застосовують літові цементи, а для гідротехнічних споруд – белітові, бо необхідно отримати високу міцність в пізніші строки.

в) *тонкість помолу цементу* – зі збільшенням тонкості помелу збільшується ступінь гідратації цементу, що підвищує міцність ПЦ.

Приріст питомої поверхні $\Delta S_{\text{п}} \text{ в } 1000 \text{ см}^2/\text{г}$ призводить до збільшення міцності на 20-25%.

г) *вологість і температура середовища* – процес тверднення цементного каменю та набір міцності продовжується тільки при наявності в ньому води, тому що тверднення – це в першу чергу, процес гідратації отже, необхідно охороняти тверднучий бетон від передчасного висихання. З підвищенням температури навколишнього середовища взаємодія цементу з водою проходить швидше, чим і зумовлюється швидке збільшення міцності. Тверднення цементного каменю може відбуватися за нормальних умов (15-20°C), при пропарюванні (80-90°C), а також при автоклавній обробці (160-180°C, 0,8-1,2 МПа). Швидше міцність збільшується в автоклавах. При негативних температурах портландцементний камінь не твердне і не набирає міцності, бо вода замерзає. Додатки електrolітів $NaCl$, $CaCl_2$ знижують температуру замерзання води та прискорюють процес тверднення цементів.

д) *воццементне відношення* – його збільшення призводить до зниження міцності, оскільки, випаровуючись, вільна вода підвищує пористість цементного каменю.

е) *тривалість зберігання* – тривале зберігання цементу призводить до втрати активності (марки). Через три місяці марка знижується на 20, через рік

– на 40%. Це пояснюється гідратацією цементу вологою повітря. Відновлюють активність лежалого *ПЦ* повторним його помелом.

Корозія портландцементу, тобто руйнування цементного каменю в розчинах і бетонах, відбувається під дією агресивних середовищ. За сумою найважливіших ознак розрізняють три основні види корозії.

Перший вид корозії (вилуговування) пов'язаний з розчиненням у воді та вимиванням гідроксиду кальцію $\text{Ca}(\text{OH})_2$, який виділяється при твердненні портландцементу. Цей процес спричиняє розклад інших гідратованих сполук, при цьому пористість бетону збільшується, і він поступово руйнується.

Ще один із засобів боротьби з корозією даного виду – введення в портландцемент активних мінеральних добавок, які зв'язують вапно в малорозчинні сполуки – гідросилікати кальцію.

Другий вид корозії (магнезіальна і вуглекисла) виникає при взаємодії $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з солями магнію MgSO_4 , MgCl_2 чи вуглекислим газом, розчиненими у воді. Продукти реакції, які при цьому утворюються, або легко розчиняються у воді, або виділяються в атмосферному стані, не мають зв'язуючих властивостей, що призводить до зниження міцності розчинників і бетонів.

Третій вид корозії виникає внаслідок нагромадження малорозчинних речовин, які при кристалізації збільшуються в об'ємі і руйнують стінки пор бетону.

Особливі види портландцементу

Сульфатостійкий портландцемент добувають, тонко подрібнюючи клінкер, що містить не більше як 50% C_3S , 5% C_3A при сумі $\text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF}$ не більше 22%.

Портландцемент з помірною екзотермією виготовляють, тонко подрібнюючи клінкер, що містить до 8% C_3A і не більше як 50% C_3S .

Пластифікований портландцемент виготовляють, вводячи в клінкер помелі пластифіковану добавку, що надає розчиновим і бетонним сумішам на цьому цементі підвищених рухливості легкоукладості.

Гідрофобний портландцемент – продукт тонкого подрібнення портландцементного клінкеру разом з гідрофобними добавками органічними речовинами (милонaftом, олеїною кислотою, асидолом).

Швидкотверднучий і особливо швидкотверднучий портландцемент (ШТЦ і ОШТЦ) характеризується інтенсивнішим, ніж звичайний, збільшенням міцності в початковий період тверднення.

Білий і кольоровий портландцементи мають декоративне призначення.

Пуцоланові цементи. До цієї групи гідравлічних в'язучих речовин належать цементи, виготовлені сумісним помелом портландцементного клінкеру або вапна з активною мінеральною добавкою, а також старанним змішуванням зазначених компонентів після попереднього тонкого подрібнення кожного з них окремо.

Шлакові цементи. До шлакових цементів належать гідравлічні в'язучі речовини, які добувають сумісним помолом доменного гранульованого шлаку з добавками, що підвищують його активність.

Доменний шлак – це продукт, що утворюється в результаті сплавлення пустої породи руди і золи палива з нелеткою частиною флюсу при випалюванні чавуну в доменних печах.

Розширними цементами називають гідравлічні в'язучі речовини, які при твердінні збільшуються в об'ємі. Істотним недоліком всіх гідравлічних в'язучих є їх усадка, зумовлена фізико-хімічними процесами, котрі відбуваються при тужавінні та твердінні, що не дає можливості досягти абсолютної водонепрониктості стиків конструкції при заповненні їх сполуками, приготовленими на звичайних цементах.

§ 4.13. Будівельні розчини

Визначення і класифікація будівельних розчинів. Будівельним розчином називають затверділу до каменеvidного стану раціональнодiбрану суміш, що складається з в'язучої речовини, дрібного заповнювача (піску) та води.

Будівельні розчини на гідравлічних в'язучих речовинах водостійкі, їх називають гідравлічними; розчини на повітряних в'язучих стійкі тільки в повітряносухих умовах, такі речовини називають повітряними.

За видом в'язучих речовин і добавок до них розрізняють цементні, вапняні та гіпсові та змішані (цементно-вапняні, вапняно-гіпсові та ін.).

За середньою густиною в сухому стані: *важкі* ($\rho_m > 1500 \text{ кг/м}^3$) на кварцовому і полевишпапному піску: *легкі* ($\rho_m < 1500 \text{ кг/м}^3$) на пористих пісках з пемзи, туфлі, черепашників, керамзиту.

За призначенням (галуззю застосування): *кладкові* (для скріплення каменю з каменем); *штукатурні* (для обштукатурювання огорожувальних поверхонь); *спеціальні* – володіють яскраво вираженими властивостями (акустичні, тампонажні, рентгенозахисні тощо). Мають вузьке застосування залежно від їх властивостей.

Властивості розчинової суміші. Властивості будівельних розчинових сумішей характеризуються рухливістю та водозатримуючою здатністю; багато в чому вони аналогічні бетонним сумішам.

Рухливість розчинової суміші визначається глибиною занурення в неї металевого конуса масою 300 г з кутом при вершині 30° .

Водозатримуюча здатність має для розчинових сумішей велике значення, бо пористі основи каменів, всмоктуючи вологу, можуть дуже зневоднити розчин і таким чином вплинути на процес тверднення.

Властивості затверділих будівельних розчинів визначають їх міцність і довговічність.

Міцність розчину залежить від тих самих факторів, що й міцність розчину: від активності в'язучої речовини та цементного відношення. Цю залежність можна виразити формулою

$$R_p = 0,25R_u \left(\frac{Ц}{В} - 0,4 \right),$$

де R_p – міцність розчину, МПа; R_u – активність цементу, МПа; $Ц/В$ – цементноводне відношення.

Міцність розчинів на стиск визначають на зразках – балочках 4x4x16 см, або на зразках – кубиках розміром 7,07x7,07x7,07 см. Вона значно менша від міцності бетону; для розчинів встановлено такі марки: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300; за морозостійкістю F -10, 15, 25, 35, 50, 100, 150, 200, 300.

Склад розчину визначається співвідношенням цементу, вапняного або глиняного тіста та піску. Наприклад, у змішаних розчинах склад буде такий 1:0,3:6,0, а в пористих (цементних) 1:0:6,0.

$$R_p = KR_u (Ц - 0,05) + 4,$$

де $Ц$ - затрати цементу на 1 м³ піску, т; K - коефіцієнт, що враховує зерновий склад піску: при крупному піску – 1,0, при середньому – 0,8, при дрібному – 0,6 і дуже дрібному – 0,4.

Звідки,

$$Ц = \frac{R_p - 4}{KR_u} + 0,05.$$

Приготування розчинів. Будівельні розчини готують двох видів: у вигляді готової розчинової суміші необхідної рухливості та сухих розчинових сумішей, які перед застосуванням змішують з водою і в необхідних випадках вводять спеціальні добавки.

§ 4.14. Бетони. Визначення і класифікація бетонів

Бетоном називають штучний кам'яний матеріал, який являє собою затверділу суміш з в'язучої речовини, води, дрібного (піску) і крупного (щебеню або гравію) заповнювача. У незатверділому стані його називають бетонною сумішшю. Крім основних компонентів у бетонну суміш можуть вводитися спеціальні добавки.

В'язуча речовина і вода – це активні складові, які утворюють цементну масу, а заповнювачі – інертні, вони утворюють каркас бетону. Цементне тісто обкутує зерна заповнювачів і заповнює пустоти між ними, Тверднучи, тісто зв'язує зерна заповнювачів у штучний камінь конгломератної будови.

Переваги бетону як будівельного матеріалу:

- 1) висока економічність (до 85% становлять заповнювачі – місцеві матеріали);
- 2) можливість здобування бетонів з різноманітними властивостями;
- 3) відносна легкість обробки бетонної суміші;
- 4) можливість виготовляти різноманітні за формою і розмірами деталі і конструкції;
- 5) можливість повної механізації робіт на заводах залізобетонних конструкцій.

У будівництві застосовують різні бетони, які можна класифікувати за такими ознаками: фізико-механічні властивості (середня густина, міцність, морозостійкість, водонепроникність), вид в'язучої речовини, з якої виготовлено бетон і призначення в будівництві.

Бетони поділяють

за середньою густиною на особливо важкі $\rho_m > 2500 \text{ кг/м}^3$; важкі (звичайні) $\rho_m = 1800\text{-}2500 \text{ кг/м}^3$; легкі $\rho_m = 500\text{-}1800 \text{ кг/м}^3$; особливо легкі $\rho_m < 500 \text{ кг/м}^3$;

за границею міцності при стиску на особливо важкі М 100-200 (В7,5-В15); важкі М 100-800 (В7,5 - В60); легкі М 25-300 (В2 - В25); особливо легкі М 15-150 (В1 – В12,5);

за морозостійкістю на марки: важкі - F50 - F500; легкі F10 - F300;

за водонепроникністю для гідротехнічних споруд на марки: W2 - W12;

за видом в'язучої речовини: цементні, силікатні (вапняні), гіпсові, асфальтові та полімерні;

за крупністю зерен заповнювачів на дрібнозернисті ($L_{max} \leq 10 \text{ мм}$); крупнозернисті ($L_{min} > 10 \text{ мм}$);

за призначенням на звичайні – для несучих конструкцій будівель і споруд (фундаменти, колони, балки, плити, склепіння тощо); гідротехнічні (для гребель, шлюзів, облицювання каналів тощо); для стін будівель і легких перекриттів; для санітарно-технічних споруд (виготовлення труб, колодязів, резервуарів тощо); для шляхових покриттів і підлог, а також спеціального

призначення (кислототривкий, жаротривкий, для захисту від ядерних випромінювань та ін.).

Матеріали для важкого бетону. Основні властивості бетону (його міцність, морозостійкість, водонепроникність, довговічність тощо), які визначаються умовами експлуатації конструкцій, зведених з цього бетону, залежать від якості складових і від технології приготування, укладання та тверднення бетону.

Марку цементу R_u добирають так, щоб вона перевищувала задану марку бетону R_b приблизно в 2-2,5 рази. Якщо активність цементу менша за $2,5R_b$, то затрати його значно збільшаться. Якщо вона більша за $2,5R_b$, то цементу буде не достатньо, і він не забезпечить потрібної густини. В останньому випадку до цементу слід додавати тонкомелені мінеральні добавки (мелений трепел, пісок, граніт, вапняк, цеглу тощо), а для бетонів невисокої міцності – глину, не забруднену органічними та сірчаноокислими домішками. Об'єм добавки можна визначити орієнтовно за формулою

$$V_d = R_u - 2,5R_b / R_u \cdot 100\%.$$

Найменші допустимі затрати цементу на 1 м³ бетонної суміші встановлено орієнтовно, виходячи з умов міцності, густини і зчеплення бетону з арматурою; для залізобетонних конструкцій, які експлуатуються на відкритому повітрі або у воді – 250 кг/м³; для конструкцій, що містяться всередині будівель – 220 кг/м³; для віброваного бетону - 200 кг/м³.

Пісок (дрібний заповнювач) – пухка суміш зерен розміром від 0,14 до 5 мм. Піски можуть бути природними (результат дрібного руйнування гірських порід) або штучними, добутими при подрібненні граніту, компактних вапняків та інших щільних порід.

Гравій (щебінь). Гравієм називають матеріал, що утворився в результаті природного руйнування гірських порід з обкатаною формою зерен.

Щебінь здобувають при подрібненні щільних гірських порід (граніт, базальт, вапняк тощо). Він відрізняється від гравію гострокутною формою зерен і шорсткою поверхнею. Тому щебінь як заповнювач надає бетону

більшої міцності, ніж гравій. Крім того, щебінь, який добувають штучним способом, не містить шкідливих домішок, а в гравії, так само, як і в природному піску, вони звичайно є. Це глинисті і пиловидні частинки (у гравії їх має бути не більш як 1%) і органічні домішки, наявність яких встановлюють так само, як і в піску.

Властивості бетонної суміші. За фізико-хімічними властивостями бетонні суміші займають проміжне місце між твердими пружними тілами та в'язкими рідинами.

Тискотронія – властивість бетонної суміші «розріджуватися» під дією механічних зусиль (вібрування, трамбування тощо) і знову «загустнути» у спокійному стані.

Легкоукладність – це властивість бетонної суміші легко, з мінімальними затратами енергії заповнювати форму, не розшаровуватися при укладанні та забезпечувати здобування бетону високої густини, міцності та довговічності. Показник легкоукладності є рухливість і жорсткість.

а) *рухливість* - це властивість бетонної суміші розтікатися під власною вагою або зовнішніх зусиль (вібрування, трамбування, пресування, центрифугування тощо). За ступенем рухливості, в момент приготування бетонні суміші умовно поділяються (за осіданням бетонного конуса) на литі – $O_k > 15$ см, рухливі – $O_k = 4-15$ см і малорухливі (пластичні) – $O_k = 1-3$ см

б) *жорсткість* також характеризує здатність бетонної суміші розпикатися під дією власної ваги або зовнішніх сил. Всі жорсткі суміші мають осідання конуса $O_k = 0$, проте у них різний ступінь жорсткості. Вони бувають малорухливими (0-30 с), жорсткими (30-200 с) і особливо жорсткими (>200 с). У литих і рухливих бетонних сумішей жорсткість дорівнює нулю.

Пластичність характеризує внутрішню зв'язність бетонної суміші і її здатність формуватися без розривів і розшарування на окремі складові.

Механічні властивості бетону. Основні властивості бетону зумовлюються його міцністю та довговічністю, що залежать, від якості складових матеріалів та їх співвідношення у бетоні, способу укладання та умов тверднення.

Міцність бетону характеризується маркою, яку встановлюють за границею міцності при стиску кубічних зразків розміром 15х15х16 см. Ці зразки виготовляють з бетонної суміші даного складу, зберігають в нормальних умовах (при відносній вологості повітря до 100% і температурі 15-20 °С) і випробовують у віці 28 діб.

Густина бетону залежить від наявності у ньому пор. Пори утворюються внаслідок випаровування надлишку води та неповного видалення повітряних бульбашок при ущільненні бетону.

Густина підвищується при старанному доборі зернового складу заповнювача й інтенсивному вібруванні. Крім того ефективними є пластифікуючі добавки, які знижують потребу суміші у воді при такій самій рухливості.

Усадка або розширення бетону супроводять процес його твердіння. На повітрі бетон, що твердне, дає усадку приблизно 0,05-0,15 мм на 1 м довжини зразка. При твердінні у воді бетон або зовсім не змінюється в об'ємі, або дещо розбухає.

Довговічність бетону зумовлюється певними експлуатаційними умовами і впливом середовища (води, морозу, високої температури тощо).

Добір складу бетону. Склад бетонної суміші виражають масовим (рідше об'ємним) співвідношенням між вмістом цементу, піску і щебеню (гравію) з обов'язковим зазначенням водоцементного відношення В/Ц.

При цьому кількість цементу беруть за одиницю, тому в загальному вигляді склад бетону можна виразити формулою:

$$1 : x : y \quad \text{при } B/C = z,$$

де x , y – масові частини відповідають піску і щебеню (гравію), що припадають на одну масову частину цементу; z – цифровий показник водоцементного відношення.

Розрізняють два склади бетону: *номінальний (лабораторний)*, встановлений для сухих матеріалів, і *виробничий (польовий)*, коли заповнювачі перебувають у природно вологому стані.

Розраховуючи склад бетону, виходять з його заданої марки, потрібної рухливості (осідання конуса) і легкоукладності бетонної суміші.

Склад бетонної суміші знаходять у такому порядку.

- 1) визначають (переважно дослідним способом) водоцементне відношення, яке забезпечує задану міцність бетону;
- 2) попередньо визначають затрати цементу та води на 1 м³ бетонної суміші;
- 3) попередньо знаходять затрати заповнювачів на 1 м³ бетонної суміші;
- 4) перевіряють рухливість і легкоукладність бетонної суміші, вносять поправки до її складу;
- 5) вибирають найраціональніше співвідношення піску та крупного заповнювача і знаходять остаточний склад бетонної суміші;
- 6) перелічують лабораторний склад бетонної суміші на виробничий;
- 7) перевіряють міцність бетону, випробовуючи зразки-кубики.

Водоцементне відношення (В/Ц) знаходять з формули

$$\frac{B}{Ц} = \frac{R_y}{2R_{28} + AR_y}$$

Затрати води (В) визначають, виходячи із заданої рухливості суміші (осідання конуса) за допомогою графіка або таблиць.

Затрати цементу (Ц) визначають з водоцементного відношення і затрати води, кг:

$$Ц = \frac{B}{B / Ц}.$$

Затрати щебеню (гравію) визначають з умови, що сума абсолютних об'ємів усіх компонентів бетону дорівнює 1000 л:

$$Ц/\rho_n + П/\rho_n + Ц/(Г)/\rho_{ц(Г)} + В = 1000,$$

де П, Ц(Г) – затрата піску та щебеню (гравію); ρ_n , $\rho_{ц}$ - густина піску та щебеню (гравію).

Затрати піску знаходимо відніманням абсолютних об'ємів цементу, води та щебеню (гравію) від 1000 (матимемо абсолютний об'єм піску) і множачи цю величину на густину піску, кг:

$$П = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_{ц}} + В + \frac{Щ(Г)}{\rho_{щ(Г)}} \right) \right] \cdot \rho_n.$$

Рухливість і легкоукладність перевіряють на пробному замісі. Якщо осідання конуса виявиться меншим від заданого (суміш вийшла жорсткішою), тоді необхідно додати 5-10% цементу і стільки ж води, щоб не змінити водоцементне відношення (В/Ц). Якщо ж осідання конуса виявиться більшим від заданого, то треба додати 5-10% піску і щебеню (гравію).

Перелічуючи лабораторний склад бетонної суміші на виробничий, враховують вологість піску, що є у виробничих умовах, бо лабораторний склад розраховується при сухому заповнювачі та щебені (гравії).

Приготування, транспортування, укладання й ущільнення бетонної суміші. Якість бетону залежить від точності дозування компонентів і старанності перемішування бетонної суміші. На бетонних заводах компоненти дозуються автоматичними дозаторами. Бетонну суміш перемішують у бетономішалках періодичної або безперервної дії.

Спосіб доставки бетонної суміші на об'єкт, повинен забезпечувати її однорідність і рухливість. Тривалість перевезення залежить від температури бетонної суміші: при 20-30 °С не більше 1 год, при 10-20°С не більше 1,5 год, при 5-10°С не більше 2 год.

Властивості бетону значно залежать від якості укладення й ущільнення бетонної суміші. Укладати суміш у форми потрібно так, щоб в ній не залишалося порожнин, особливо по кутках і у звуженнях форми. На заводах залізобетонних конструкцій застосовуються бетонороздавачі та бетоноукладачі.

Зимове бетонування. Збільшення міцності бетону залежить від температури навколишнього середовища. При зниженні температури тверднення бетону сповільнюється, а при 0°С припиняється зовсім. На зимовий бетон не допускається прикладати повне розрахункове навантаження. Методи зимового бетонування застосовуються для монолітних бетонних, і залізобетонних конструкцій, які виготовляють безпосередньо на місці виконання робіт.

Легкі бетони на пористих заповнювачах. До них належать бетони з середньою густиною $\rho_m = 500 - 1800 \text{ кг/м}^3$. Легкі бетони використовують у стінах, перекриттях та інших конструкціях, де потрібні мала теплопровідність і невелика маса. Міцність на стиск $R_{cm} = 10-400 \text{ МПа}$, морозостійкість $F 10-200$.

Ніздрюваті бетони – штучний кам'яний матеріал, який отримують після затвердіння поризованої суміші, що складається з в'язучої речовини, води, меленого і немеленого дрібного заповнювача. Є різновиди легких бетонів, проте без крупного заповнювача. Об'єм ніздрюватих бетонів до 85% заповнений замкнутими порами. Розміри пор від 0,5 до 2 мм. Перегородки між порами є несучим каркасом.

§ 4.15. Бетонні та залізобетонні вироби

Загальні відомості. Збірні бетонні та залізобетонні вироби – порівняно новий вид матеріалів і вперше вони почали застосовуватися в кінці XIX ст., а в 20-30 рр. XX ст. з них уже зводили будівлі.

Поняття про залізобетон. У залізобетоні поєднуються властивості двох матеріалів – бетону й арматурної сталі. Бетон чинить значний опір стискуючим зусиллям і незначний розтягуючим. Його міцність при розтягуванні у 10-15 разів менша, ніж при стиску. Стальна арматура, навпаки, досить добре сприймає розтягуючі напруги.

При роботі залізобетонної балки під дією згинального навантаження зона балки (вище від нейтральної осі) стиснута, а нижня розтягнута. Тому розміщені внизу сталеві арматурні стержні сприймають розтягуючі напруги, а бетон – стиск у верхній зоні.

Сумарна робота бетону та сталі визначається такими основними факторами:

- бетон міцно зчіплюється з арматурою і вони при цьому зазнають деформацій;
- коефіцієнти температурного розширення бетону та сталі близькі до одного;

- бетон захищає сталь від іржавіння (корозії).

Залізобетонні конструкції виготовляють зі звичайною та попередньо напруженою арматурою. Звичайний спосіб армування (укладання, сталевих і в у розтягнуту зону) не захищає конструкцію від тріщин, бо бетон дуже мало розтягується. У ці тріщини проникають волога та газ, викликають корозію арматури; крім того, з появою тріщин збільшується прогин конструкції. Отже, розтягнуту зону треба стиснути. Цього досягають попереднім напруженням арматури, її розтягують на спеціальних стендах, а потім укладають у бетонну суміш. Стержні стискаються, а разом з ними за рахунок зчеплення стискається і бетон. За способом виготовлення розрізняють два види попередньо напружених конструкцій. У першому випадку арматуру розтягують до бетонування після укладання бетону у форму і його затверднення, звільняють від напруги, й арматура, скорочуючись, стискає бетон, що оточує її, у другому – арматуру розтягують після затверднення бетону. При цьому її розміщують у сталевих каналах у тілі бетону, натягують та закріплюють на кінцях анкерними пристроями. Потім канали заповнюють розчином для запобігання корозії сталі.

Застосування попередньо напружених-конструкцій, крім того, що не допускає передчасних тріщин у розтягнутій зоні бетону, дає можливість знизити масу конструкцій, збільшити їх довговічність і скоротити затрати арматури.

Класифікація залізобетонних виробів. Залізобетонні вироби можна класифікувати за такими ознаками:

За способом армування. У цьому разі їх поділяють на *бетонні* (не армовані сталеві арматурою) і *залізобетонні* (армовані). Залізобетонні конструкції, в свою чергу, поділяють на попередньо напружені та зі звичайним армуванням.

За видом бетону та в'язучої речовини:

з цементних бетонів – особливо важкі, важкі (звичайні), легкі (тепло- і звукоізоляційні);

з силікатних бетонів автоклавного тверднення на вапні – важкі та легкі;

з ніздрюватих бетонів – на цементах, вапні або змішаному в'язучому;
зі спеціальних бетонів – жаростійкі, кислотостійкі, декоративні тощо.

За середньою густиною бетону:

з особливо важкого бетону ($\rho_m > 2500 \text{ кг/м}^3$);

з важкого бетону ($\rho_m = 1800\text{-}2500 \text{ кг/м}^3$);

з легкого бетону ($\rho_m = 500\text{-}1800 \text{ кг/м}^3$);

з особливо легкого бетону ($\rho_m < 500 \text{ кг/м}^3$).

За внутрішньою будовою конструкції та деталі можуть бути суцільними або порожнистими, а також виготовленими з одного чи кількох складів бетону (дво- і тришарові).

За призначенням конструкції та деталі класифікуються так:

для житлових і громадських будівель – елементи фундаментів, стінові блоки та панелі, колони, ригелі, прогони тощо;

для промислових будівель і споруд – колони, балки, ферми, арки, елементи перекриттів і покриттів тощо;

для сільськогосподарського будівництва – елементи для майстерень тощо;

для транспортного будівництва – прогінні будови мостів, плити шляхових покриттів, елементи платформ, шпали, опори контактної мережі.

для гідротехнічного будівництва – коробчасті блоки, лотоки, палі, труби, плити, оболонки гребель, плити і блоки для зміцнення укосів тощо;

для санітарно-технічних пристроїв – опалювальні панелі, вентиляційні блоки, сантехкабінети, сміттєпроводи;

для водопровідно-каналізаційних споруд – труби, колектори, колодязі, резервуари, водонапірні башти;

загального призначення – опори ліній електропередач і зв'язку тощо.

Конструкції промислово-цивільних будівель

Фундаментні блоки – це залізобетонні елементи трапецеїдальної форми масою до 3 т. Ширина цих блоків коливається від 120 до 320 см, а довжина дорівнює 80, 100 і 120 см при висоті 40-50 см. Виготовляють їх з бетону марок 150-200 і армують сталлю сіткою.

Стінові підвальні блоки мають прямокутну форму. їх довжина може досягати 3 м при товщині 40-60 см, а висота постійна – 60 см. Виготовляють їх з бетону марок 100-150 і армують лише для зручності монтажу.

Панелі зовнішніх стін застосовують для каркасних і безкаркасних будівель. Для перших використовують самонесучі панелі, що сприймають навантаження від власної ваги, і навісні, що передають навантаження на залізобетонний каркас, який складається з колон, зв'язаних балками.

Перегородкові панелі повинні мати високі звукоізоляційні властивості. Виготовляють їх з легких бетонів, армованих сталеву сіткою, або з гіпсобетону, армованого дерев'яними рейками. Перегородки мають дверні прорізи із закладеними на заводі дверними коробками.

Міжкімнатні перегородки мають товщину 8-12 см і площу до 20 м².

Настили перекриттів – це плоскі конструкції з прольотом до 6 м при товщині 80-150 см. їх несуча здатність становить 400-600 кгс/см². Маса настилу досягає 3 т.

Панелі перекриттів застосовують у промисловому будівництві. Вони мають бути водночас несучими і огорожуючими елементами покриттів.

Ферми й арки застосовують для споруд з великими прольотами. Ферми виготовляють трапецеїдальної, трикутної і криволінійної форми, складеними або цілісними.

Оболонки – тонкі (завтовшки 3 – 4 см) криволінійні залізобетонні плити, обрамлені по периметру ребрами жорсткості. Одним елементом оболонки можна перекрити велику площу – до 100 м².

Колони виготовляють прямокутного та таврового перерізу, а також гранчастою стінкою (двовіткові). Вони бувають безконсольними, а також одно – і двоконсольними – для встановлення балок.

Сходові площадки – прямокутні плити завдовжки до 4,4 м і завширшки до 1,6 м. Їх облицьовують керамічною плиткою або мозаїчним розчином. Маса плит до 2 т.

Сходові марші мають довжину до 3,6 м і ширину до 1,8 м.

Об'ємні блоки – це просторова конструкція, складена на заводі з окремих елементів або виготовлена монолітно в спеціальних об'ємних касетах.

Санітарно-технічні деталі для збірного будівництва – опалюванні панелі, вентиляційні та каналізаційні блоки, блоки сміттєпроводів тощо, які водночас є елементами стін або перекриттів.

Виробництво залізобетонних виробів. Сучасна технологія передбачає три принципові схеми виробництва бетонних і залізобетонних конструкцій і деталей залежно від способу їх формування: 1) у неперемішувальних (стаціонарних); 2) у перемішувальних формах; 3) безперервне формування.

Приготування бетонної суміші. Бетонну суміш для виробництва залізобетону можна виготовляти безпосередньо на місці або централізовано одержувати зі спеціальних бетонних заводів. Але в будь-якому випадку її виготовлення цілком механізоване.

Існують різні види бетономішалок: для пластичних сумішей – з вільним падінням матеріалу, для жорстких – з примусовим перемішуванням. Спеціалізовані підприємства обладнують бетонозмішувальними установками.

Слід мати на увазі, що централізоване одержання бетону при відповідній організації значно вигідніше від приготування бетонної суміші на місці будівництва.

Виготовлення арматури й армування. Залізобетонні конструкції армують, як правило, зварними сітками та каркасами, їх виготовлення складається з таких операцій: складування арматурної сталі, сортування, виправлення і різання стержнів, гнуття арматури, зварювання сіток і каркасів. Гладка арматура діаметром до 14 мм надходить на завод в мотках (бухтах), арматура більших діаметрів, а також періодичного профілю – стержнями завдовжки 7-12 м (у цьому випадку виправляти сталь непотрібно). Найдосконаліше виправляється арматура на спеціальних автоматичних верстатах, які водночас очищають її від окалини та іржі, виправляють, сплющують (зміцнюють сталь) і ріжуть на стержні.

Стержні з'єднують у каркаси та сітки з допомогою контактного зварювання, яке полягає в тому, що через два стержні, які дотикаються, пропускають електричний струм і сильно стискають їх. У місці контакту стержні плавляться та зварюються один з одним.

Застосовують багатоточкові зварювальні апарати, які дають можливість зварювати стержні одночасно в кількох місцях, і автоматичні лінії для зварювання каркасів. Весь процес контактного зварювання завдяки застосуванню електричного струму великої сили триває лише частки секунди.

§ 4.16. Лісові матеріали

Загальні відомості. Лісові матеріали відіграють значну роль у народному господарстві. Це передусім джерело здобування деревини, яка широко застосовується в промисловому і цивільному будівництві. Деревина є сировиною для лісопильної, фанерної, меблевої, деревообробної, целюлозно-паперової інших галузей промисловості.

Довговічність дерев'яних конструкцій зумовлюється переважно сталістю режиму вологості.

Проте деревина має й ряд негативних властивостей. До них належать порідність її будови (анізотропність), що істотно впливає на її міцність, легка займистість, здатність вбирати і випаровувати вологу (гігроскопічність), змінювати при цьому свої механічні властивості і навіть загнивати (при несприятливих умовах її експлуатації і зберігання).

У будівництві найширше застосовують хвойні породи (сосну, ялину, модрина, смереку, кедр, ялиця). Листяні породи (дуб, бук, ясен, береза, граб, липа, вільха, осика) використовують переважно для виготовлення столярних виробів і внутрішнього опорядження будівель.

Захист деревини від руйнування. Під дією змінної вологості, при враженні гниллю та комахами деревина швидко руйнується. Щоб захистити від цього, на практиці застосовують такі основні способи: сушать, наносять стійкі покриття, просочують.

Лісові сортименти і напівфабрикати. Під лісовими сортиментами мають на увазі види продукції з деревини, що мають різний ступінь обробки та відрізняються різними способами виробництва.

До основних лісових сортиментів належать круглі, пилені та стругані лісоматеріали.

Стругані пиломатеріали поділяють на

- стругані з плоским профілем, тобто такі, що зберегли форму поперечного перерізу неструганих пиломатеріалів;
- стругані з фігурним струганням, застосовувані для опорядження приміщень, наличників, плінтусів тощо;
- шпунтовані, що мають на кромках (для з'єднання) на одному боці шпунт (виїмку), а на другому – відповідний гребінь (виступ). Шпунтовані пиломатеріали застосовують на підлоги, перегородки тощо.

Фанера. Наша промисловість виготовляє переважно клеєну й облицювальну фанеру. Перша – це листи, склеєні з кількох пластів шпона. Облицювальною називають клеєну фанеру, виготовлену з цінних твердих порід – дуба, горіха тощо, її застосовують для облицювання столярних та інших виробів з декоративними цілями.

Паркет. Розрізняють два види паркету: планковий і щитковий. Планковий паркет (паркетна клепка) – це обстругані дощечки (з деревини твердих порід) з кромками різного профілю. Щитковий паркет складається з соснових та ялинових щитів, обклеєних зверху паркетною клепкою.

§ 4.17. Органічні в'язучі речовини та матеріали на їх основі

Загальні відомості і класифікація. Органічні (бітумінозні) в'язучі речовини поділяються на бітумні та дьогтьові.

Бітумні в'язучі – це складні суміші високомолекулярних вуглеводнів та їх сполук з сіркою, киснем та азотом.

Розрізняють такі види бітумних в'язучих: природні бітуми, асфальтові породи і нафтові бітуми.

Природні бітуми – це тверді речовини або густі рідини, наявні у природі в чистому стані, часом просочують гірські породи.

Асфальтові породи – це гірські породи, просочені природним бітумом: бітумні пісковики та вапняки. Їх застосовують у вигляді порошку або добувають з них чистий бітум.

Нафтові бітуми – це тверді або напівтверді речовини, що добуваються з нафти.

До дьогтьових в'язучих належать сирі дьогті, дьогтьові масла, пеки.

Сирі дьогті – це рідкі продукти, що утворюються як відходи при розкладі (під впливом високої температури без доступу повітря) кам'яного або бурого вугілля, деревини, торфу, тощо для одержання газу або коксу.

Дьогтьові масла – це продукти, що утворюються при розгоні нафти.

Пеки – це тверді залишки від перегонки дьогтю.

Гідроізоляційні матеріали на основі бітуму. Гідроізоляційні матеріали в ряді випадків можна об'єднати з покрівельними, оскільки чіткої межі між ними немає. Як правило, листові матеріали застосовують тільки для покрівлі, а рулонні – для покрівельних, і для гідроізоляційних робіт. У цьому підрозділі розглянемо матеріали, які загалом є гідроізоляційними, їх виготовляють здебільшого на основі бітуму.

Гідроізол виготовляють з азбестового паперу, просоченого бітумом. Випускають його двох марок: ГІ-1 і ГІ-2, які відрізняються відношенням кількості просочувальної маси до маси картону. Чим більше бітуму в матеріалі, тим вищі його водоізоляційні властивості.

Ширина полотна гідроізолу 650 мм довжина 20 м. Сила, що розриває зразок розміром 50-220 мм, мав бути не менш як 30 кг.

Бітумні та дьогтьові покрівельні матеріали. Бітумінозні покрівельні матеріали виготовляють, просочуючи якусь основу (азбестовий папір, картон тощо) нафтовими бітумами або дьогтьовими сумішами і потім покриваючи більш тугоплавкою речовиною. Кріплять ці матеріали на мастиках. Бітумні матеріали довговічніші за дьогтьові.

Покрівельні бітумінозні матеріали мають ряд позитивних якостей: вони легкі, з них можна виготовляти покрівлю з малим нахилом, що зменшує її площу; вони стійкі до хімічних впливів тощо. Недолік таких покрівель – недовговічність, займистість; крім того, для їх облаштування потрібна суцільна опалубка.

Бітумними покрівельними матеріалами є руберойд і пергамін, а дьогтьовим – толь.

Руберойд - рулонний матеріал, виготовлений з картону, просоченого м'якими нафтовими бітумами. Його поверхня вкрита з обох боків тугоплавкими нафтовими бітумами і тонким шаром дрібного тальку або іншої мінеральної речовини (можна використати також крупнозернисту або лускату слюдяну посипку, що захищає бітум від атмосферних впливів).

Руберойд має такі марки: РК-420 (рубейройд з крупнозернистою і посипкою з одного боку); РЧ-350 (рубейройд з лускатою посипкою з одного боку); РП-250 (рубейройд з дрібною мінеральною посипкою з обох боків). Ширина полотна становить 750, 1000 і 1025 мм; загальна площа полотна в рулоні 10 і 20 м². Двобічний руберойд кріплять на холодних мастиках, однобічний – на гарячих.

Пергамін на відміну від руберойду не має покривного шару бітуму та посипки. Його використовують як підкладковий матеріал під руберойд, що кріпиться на гарячих мастиках, а також під інші покрівельні матеріали (черепицю, азбестоцементні плити тощо).

Толь – рулонний матеріал, який виготовляють, просочуючи картон дьогтьовою сумішшю та посипаючи один або обидва боки його піском (чи не посипаючи). В останньому випадку матеріал називають толь-шкірою, гідроізоляційним толем.

Толь має такі марки: ТП-350 (толь з пісковою посилкою); ТШ-420 (толь з крупнозернистою посипкою); ТК-350 (толь-шкіра); ТГ-350 (толь гідроізоляційний).

Ширина полотна буває від 750 до 1000 мм; площа рулона – 15 м².

Бітумні та дьогтьові мастики застосовують для приклеювання, а іноді й фарбування гідроізоляційних і покрівельних матеріалів (руберойду, толю, гідроізолу тощо).

Бітумну мастику готують з бітуму з добавкою (або без неї) пиловидних (тальк, діатоміт, вапняк) або волокнистих (азбест, деревне волокно) наповнювачів. Мастики готують гарячими і холодними.

Гарячі бітумні мастики варять у котлах з вогньовим обігріванням, інтенсивно перемішуючи.

Холодні мастики виготовляють на розріджувачах (зелене масло, лакойль). Вони зручніші, особливо в зимовий час, і скорочують затрати бітуму приблизно в 4 рази порівняно з гарячим. Це досягається за рахунок зменшення товщини шару мастики, оскільки в холодному стані вона зберігає пластичність і при знижених температурах.

Дьогтьові мастики виготовляють з перегнанного або складеного дьогтю з добавкою (або без неї) наповнювача. Використовують ці мастики розігрітими (до температури 140-150 °C).

§ 4.18. Будівельні пластмаси

Загальні відомості і класифікація пластичних мас. Пластичними масами називають матеріали, основу яких становлять смолоподібні органічні речовини з великою молекулярною масою. Ці речовини здатні під впливом нагрівання і тиску набирати потрібної форми і стійко зберігати її після зняття навантаження.

Пластмаси одержують хімічним способом з найпростіших речовин, які добувають з вугілля, нафти, повітря, вапна тощо.

Пластмаси поділяють на *прості* і *складні*.

Прості пластмаси складаються з смолоподібних органічних речовин (органічне скло).

Наповнювачі надають пластмасам потрібних фізико-механічних властивостей і здешевлюють їх, зменшуючи вміст найдорожчого компонента

полімерних смол.

Пластифікатори надають пластмасам у процесі їх виготовлення більшої пластичності (дибутилфталат, камфора, олеїнова кислота тощо).

Змащувальні речовини не дають пластмасам приставати до форм під час пресування виробів (стеарин, олеїнова кислота тощо).

Як барвники використовують органічні (нігрозин, хризоїдин) і мінеральні (вохра, мумія, сурик, умбра) речовини.

Полімерні смоли є основними компонентами пластмас. Розвиток сучасної промисловості будівельних полімерних матеріалів ґрунтується на застосуванні синтетичних смол, що їх добувають методом полімеризації і поліконденсації.

Полімеризацією називають хімічний процес утворення високомолекулярних органічних сполук з низькомолекулярних (мономерів), причому полімери, що утворюються, мають такий самий елементний склад, що й вихідні мономер, і жодних побічних продуктів реакції при цьому не виникає.

Поліконденсацією називають хімічний процес утворення високомолекулярних органічних сполук з низькомолекулярних речовин, який супроводжується відщепленням побічних продуктів (води, спирту, хлористого водню тощо).

Поліетилен застосовують для виготовлення санітарно-технічного обладнання (водопровідних, каналізаційних і газових труб), а також плівки для гідро-, паро- і газоізоляції будівельних конструкцій.

Полівінілхлорид добувають полімеризацією газу хлористого вінілу. Він мав вигляд білого аморфного порошку. Границя його міцності при розтяганні досягає 500 кгс/см^2 , а теплостійкість 65°C .

Застосовують полівінілхлорид для виготовлення лінолеуму, лінкрусту, плівки, термоізоляційних матеріалів (пінополівінілхлориду), погонажних виробів – плінтусів, поручнів, труб тощо. Різновидом є вініпласт, що характеризується високою міцністю і жорсткістю.

Полістирол добувають зі стиrolу – безбарвної рідини. Це тверде,

пружне тіло з теплостійкістю 70-80°C, безбарвний, прозорий.

Матеріали для покриття підлог. Полімерні матеріали дістають широке застосування для покриття підлог. Вони стійкі проти стираності, малотеплопровідні, мають невелике водовбирання, не набрякають при зволоженні, досить тверді та міцні, мають високі лакофарбні якості, тобто відповідають усім вимогам, які пред'являють до підлог.

Матеріали для підлог поділяють на три групи: рулонні (лінолеуми), плиткові і матеріали для облаштування безшовних підлог.

Рулонні матеріали. До них належать лінолеуми та синтетичні килими. Вони бувають одно- і багатоколірні, узорчасті, гладкі, рифлені, ворсисті. Застосовуються для покриття підлог у всіх типах будівель.

Полівінілхлоридний лінолеум – це рулонний матеріал, виготовлений з пластмаси на основі полівінілхлоридної смоли. Його випускають на тканинній або іншій основі, а також без неї. У першому випадку маса смоли, пластифікатора, барвника та ін. наноситься на тканинну основу з безперервно рухомого полотна; у другому – маса на спеціальних машинах перетворюється на полотнище.

Довжина рулонів 12 м, ширина 6,75 і 1,6 м, товщина 2-3 мм. Лінолеум можна застосовувати в сухих приміщеннях, оскільки в місцях з підвищеною вологістю він змінює свої розміри і жолобиться.

Випускають також гліфталевий (на основі гліфталевої смоли різновид поліефірних смол) і колоксиліновий (нітроцелюлозний) лінолеум. Гумовий лінолеум (реалін) складається із суміші синтетичного каучуку, старої гуми (в основному використані автопокришки) і бітуму.

§ 4.19. Опоряджувальні матеріали

Облицювальні плитки застосовують для внутрішньої обробки всіх типів будівель з підвищеними теплозволоженими умовами та гігієнічними вимогами (кухні, ванни, туалети, лікарні, лазні, кафе тощо).

Рулонні матеріали

Лінкруст – паперова або тканинна основа, на одному боці якої нанесено пасту з синтетичної смоли і наповнювач. У процесі виготовлення шару пасти надають рельєфний рисунок. Кріплять лінкруст на крохмальних і синтетичних клеях. Застосовують для опорядження стін громадських і службових приміщень.

Павінол – це матеріал з бавовняної тканини, вкритий з одного боку пастою з полівінілхлоридної смоли. Павінол – міцний, еластичний і красивий матеріал з рельєфним кольоровим рисунком. Кріпиться на синтетичних смолах або цвяхах. Застосовують його для опорядження стін вагонів, кают, салонів, залів громадських будинків тощо.

Погонні вироби – це довгомірні елементи різного профілю. Виготовляють їх на основі полівінілхлориду способом безперервного видавлювання (екструзії) на спеціальних екструзійних машинах.

Плінтуси призначені для перекриття стикових щілин між підлогою та стінами, оберігають стіни від випадкових пошкоджень, поліпшують тепло- і звукоізоляцію приміщень.

Поручні, виготовлені на основі полівінілхлориду, застосовують замість дерев'яних.

§ 4.20. Герметики, клеї і мастики

Герметики застосовуються для ущільнення стиків між панелями збірних будівель. Вони в цьому випадку є не лише герметизуючими, а й теплозвукоізоляційними. Бувають у вигляді еластичних плівок, прокладок і паст.

Клеї та мастики застосовуються для кріплення опоряджувальних матеріалів до стін, стелі, підлоги, для кріплення погонних виробів. Види клеїв: каучуковий, перхлорвініловий, поліізобутиленовий, карбамідний, фенолорезорциновий.

§ 4.21. Теплозвукоізоляційні матеріали

Ці матеріали мають малу середню густину $\rho_o = 10-200 \text{ кг/м}^3$ і

теплопровідність $\lambda = 0,02-0,05 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$, але достатню механічну міцність.

Пінопласти – це пористі пластмаси. Пори утворюються внаслідок спучування розм'якшеної пластмаси хімічним шляхом і заповнюються повітрям або газом.

Пінопласти виготовляють на основі таких полімерів:

полістиролу (пінополістирол), випускають у вигляді плит і блоків білого кольору; гниlostійкий, добре склеюється з іншими матеріалами, горючий; застосовується для теплоізоляції суміщеної покрівлі, перекриттів, стін, перегородок, для влаштування середнього шару тришарових стінових панелей ;

полівінілхлориду (пінополівінілхлорид), випускають у вигляді жорстких та еластичних плит; застосовується там же, де і пінополістирол, проте не горючий ;

поліуретану (пінополіуретан), випускають у вигляді жорстких плит для шарових панелей, шкаралуп і сегментів – для ізоляції трубопроводів; еластичний, застосовується для герметизації стиків, панелей, вікон дверей, горючий;

сечовинно-формальдегідної смоли (міпора) – піна, яка затверділа, теплостійка.

Сотопласти складаються з чарунок, що мають у розрізі правильну геометричну форму та регулярно повторюються, їх виготовляють з різних матеріалів – бавовняної тканини, склотканини, паперу, фольги і деревного шпону, просочених полімерами (феноло-формальдегідною, епоксидною смолами тощо). Для поліпшення теплоізоляційних якостей сотопласту його чарунки можна заповнити дріб'язком міпори.

Сантехнічні вироби та труби з пластмас особливо, широко застосовуються в житловому будівництві. До них належать ванни, раковини, умивальники, душові кабінки, змивні бачки, різні деталі для обладнання ванн, кухонь і туалетів.

§ 4.22. Теплоізоляційні матеріали

Загальні відомості і класифікація. Теплоізоляційні матеріали призначені для захисту приміщень, теплових і охолоджуючих агрегатів тощо від втрати теплоти або нагрівання. Вони мають високу пористість Π , низьку теплопровідність λ і невелику середню густину ρ_m . Застосування цих матеріалів дає можливість зменшити товщину стін і масу будівель, знизити затрати на опалення.

За зовнішнім виглядом теплоізоляційні матеріали можуть бути *сипкими*, що застосовують для засипання порожнистих місткостей (керамзит, перліт, шлак тощо); *рулонними* (повсть, шевелін) і *штучними* (плити, блоки, шкаралупи з пінопласту, торфу тощо).

За середньою густиною мають 17 марок: особливо легкі 0Л (15, 25, 35, 50, 75, 100), легкі Л (125, 150, 175, 200, 250, 300, 350) і важкі В (400, 450, 500, 600).

За походженням теплоізоляційні матеріали можуть бути органічними та неорганічними (мінеральними). Недоліки перших – висока гігроскопічність, горять, загнивають, низька термостійкість (до 100 °С), пошкоджуються комахами.

Матеріали на основі мінеральної вати

Мінеральна повсть – це рулонний або листовий матеріал, який одержують при ущільненні мінеральної вати, просоченої бітумом або синтетичними смолами. Її середня густина 100-200 кг/м³, теплопровідність 0,04-0,06 Вт/(м·°С).

Мінераловатні мати виготовляють, прошиваючи нитками шар мінеральної вати, покритої з одного або обох боків бітумізованим папером. Розміри матів: довжина 100-150 см, ширина 35-100 см, товщина 3 і 6 см.

Мінеральна пробка – це жорсткі плити, які формують і пресують з мінеральної вати, просоченої бітумом або синтетичними смолами (кольором і властивостями вони нагадують натуральний корок). Їх середня густина 300-400 кг/м³, теплопровідність 0,06 Вт/(м·°С). Мінеральну пробку, виготовлену на синтетичному в'язучому, можна застосовувати при температурі 130 °С, а на бітумній – до 70 °С.

§ 4.23. Лакофарбові матеріали

Загальні відомості. Лакофарбними матеріалами називаються суміші, які наносяться на поверхню і утворюють на ній міцну і тверду покривну плівку. Вони бувають природні, синтетичні та штучні. Фарбові суміші складаються із зв'язуючої речовини, наповнювача, пігменту та розріджувача.

Зв'язуючі речовини утворюють покривну плівку і зв'язують частинки пігменту між собою і фарбованою поверхнею.

Оліфи бувають натуральні, напівнатуральні та штучні. Натуральні є продуктом обробки олій (лляної, конопляної тощо) при нагріванні до 200 °С. Бувають чотирьох видів: полімеризована оліфа УМС, оліфа-оксоль-суміш, оліфа сульфо-оксоль.

Олійні лаки – це розчини природних або штучних смол в оліях, що висихають і містять сикативи та розріджувачі. Залежно від виду цих смол розрізняють гліфталеві, поліхлорвінілові та інші лаки.

Клеї бувають різних видів: тваринні (міздровий, кістковий, казеїновий), рослинні (борошняний пил, декстрин), природні і синтетичні.

Емульсії поділяють на два типи: олія у воді – це емульсії, в яких зовнішньою фазою є вода, їх можна розбавляти водою; вода в олії – це емульсії, в яких зовнішньою фазою є олія; вони водою не розбавляються.

Пігменти (забарвлювачі) – це тонкоподрібнені кольорові порошки, які рівномірно змішуються з водою або органічними розчинниками (олії, спирти, скипидар), але не розчиняються в них.

Розрізняють органічні та мінеральні пігменти. Перші виготовляють з аналізу, нафталіну, антрацену та інших вуглеводів; вони часто мають жовтогарячий, ясно-червоний і бордовий кольори. Значно ширше використовують мінеральні пігменти.

Лакофарбові суміші

Олійні фарби – густі пасти з суміші пігментів, наповнювачів і зв'язуючих (олії, оліфи), перероблених на фарботерних машинах.

Емалеві фарби на відміну від олійних готують на лаках. Після того, як

висохнуть, вони утворюють глянцеvu поверхню, що нагадує емаль.

Водно-вапняні фарби виготовляють на вапняній суспензії (з повітряного і гідралічного вапна). Їх застосовують для фарбування цегляних обштукатурених, бетонних і дерев'яних поверхонь.

Водно-клейові фарби готують найчастіше на малярному клеї. Застосовують їх для опорядження житлових і громадських приміщень.

Емульсійними фарбами називають суспензії пігментів, перетертих на водних емульсіях різних плівкоутворювачів.

Синтетичні фарби виготовляють на синтетичних смолах — полівінілацетаті, карбаміді, перхлорвінілі (смола, яку добувають додатковим хлоруванням полівінілхлориду) тощо.

Спиртові лаки, політура і нітролаки виготовляють на органічних розчинниках. Спиртові лаки складаються з твердих смол, найчастіше синтетичних, розчинних у спирті або в його суміші з іншими леткими розчинниками.

Розділ V. БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

§ 5.1. Загальні положення

Будівельні конструкції промислових будівель виконують дві функції. Вони забезпечують несучу здатність будинку, визначають його довговічність і забезпечують технологічні вимоги виробництва. Це їх основна функція.

Друга функція будівельних конструкцій у промислових будівлях – це захистити приміщення від зміни кліматичних умов і створити відповідний мікроклімат у приміщенні.

Першу функцію виконують фундаменти, колони, ферми, балки, рігеля, прогони, плити перекриття та перекриття.

Другу функцію виконують стінові панелі, вікна, двері, підлоги та інші. Деякі типи конструкцій залежать від матеріалів будинків: залізобетонні, металеві та інші.

§ 5.2. Основні елементи залізобетонного каркасу

Каркасна конструкція виробничої будівлі обумовлює необхідність побудови самостійного фундаменту під кожну колону. Його розмір визначається навантаженням, що припадає на колону, гранично допустимим тиском на ґрунт під подошвою фундаменту та глибиною промерзання ґрунту. В одноповерхових виробничих будівлях сітка колон зазвичай не буває меншою 6х6 м. Тому фундаменти під колони роблять у вигляді стовпчастих опор. Досить рідко, при великих навантаженнях і слабких ґрунтах, подушка стовпчастих фундаментів зростає до таких розмірів, що їх стає доцільним злити в одну суцільну лінію. Вона може виникнути у разі неоднорідних ґрунтів по осі колон для вирівнювання нерівномірних опадів основи або коли фундаменти колон слугують одночасно стіною прилеглого підвалу. Якщо стрічкові фундаменти не забезпечують необхідної міцності та стійкості, то облаштовують суцільну плиту під усією спорудою.

У більшості випадків (близько 75%) фундаменти виробничих будівель облаштовують на природній основі. Якщо ґрунти слабкі і не здатні протидіяти тиску, що передається на них, то облаштовують штучну основу (частіше всього палю), що істотно збільшує вартість фундаменту.

Найбільшого розповсюдження в промисловому будівництві набули **монолітні та збірні залізобетонні фундаменти стаканного типу** (рис. 5.1). Монолітні фундаменти звичайно дешевші. Проте вони більш трудомісткі, що призводить до збільшення термінів зведення. Безперечною перевагою монолітних фундаментів є можливість надання їх потрібної форми і розмірів, диктованих місцевими умовами, що особливо важливо при реконструкції будівель.

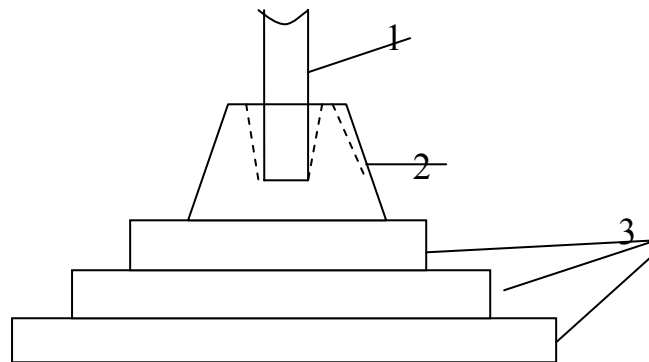


Рис. 5.1. Збірний залізобетонний фундамент стаканного типу:

1 – колона 2 – підколонник стаканного типу; 3 – плитна частина одно-, двух- або триступінчата

Неодмінною умовою індустріалізації монолітних фундаментів є уніфікація опалубних розмірів. Це зумовлюється необхідністю суворого обмеження розмірів опалубних щитів, що мають багатократну оборотність, і чітку градацію арматурних виробів (довжина та ширина сіток і каркасів).

Конструктивне рішення стовпчастого фундаменту перш за все визначається способом забезпечення жорсткого з'єднання колони з фундаментом, здатного передати на нього згинаючий момент. Таке рішення досягається закладенням нижнього кінця колони в спеціальний стакан фундаменту. Форма і розмір фундаменту, глибина стакана визначаються розрахунком, а також глибиною закладання підшви фундаменту.

Стакани зверху на 150 мм, а внизу на 100 мм більші розмірів колони. Це забезпечує зручність монтажу та краще центрування колони. Глибину стакана приймають на 50 мм більшого колони, частина якої заводиться в стакан. При установці колони на дно стакана на 50 мм підсипають пісок, а після установки та розкріплювання колони вільне місце в стакані, що залишилося, заповнюють цементно-піщаним розчином.

З'єднання двохветевих колон з фундаментом можна здійснювати в одному загальному стакані або в двох стаканах під кожну гілку. В останньому випадку об'єм бетону, що укладається при монтажі, буде меншим.

Висота підколонника залежно від глибини закладання фундаменту може змінюватися. При значній її величині розглядається варіант пристрою фундаменту в збірно-монолітному виконанні. В цьому випадку він складається з монолітної підошовної частини та збірного підколонника, виконаного з центрифугованої труби, внутрішній простір якої заповнюється піском і «худим» бетоном для утворення стакана (рис. 5.2). Кінець колони (прямокутний, тавровий або круглий), що заводиться в нього, заливається цементним розчином.

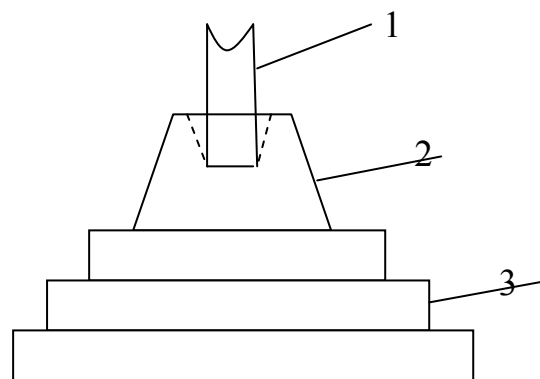


Рис. 5.2. Збірно-монолітний фундамент старанного типу:

1 – колона; 2 – підколінник старанного типу; 3 – монолітна частина одно-, двух- або триступінчатого фундаменту

Жорстке з'єднання колон з фундаментом у необхідних випадках може досягатися заанкеруванням арматури колони в гніздо, що залишається в

підколіннику, або заанкеруванням сталевोї плити, привареної до арматури колони.

Зниження витрат бетону на підколонник може досягатися добудовою в ньому порожнин. Це ускладнює виготовлення підколонника, а наявність в ньому порожнин небажана при водонасичених ґрунтах.

Палі застосовують у випадках, коли з поверхні залягають насипні або слабкі ґрунти природного складання. На практиці будівництва добре себе зарекомендували буронабивні палі (рис. 5.3), що є заповненими залізобетоном свердловинами, висвердленими в ґрунті спеціальною буровою установкою. Палі можуть мати різні діаметри, розширення стовбура або п'яти і тому придатні для різних умов ґрунту і навантажень. Істотною їх перевагою є можливість заміни однією набивною палею діаметром близько 1000 мм 4-6 забивних палей. Тому ростверки на буронабивних палях менші за габаритами, ніж на забивних, що дуже важливо для виробничих будівель, маючи на увазі насиченість цехів підземного господарства інженерними комунікаціями і фундаментами під устаткування. Це одночасно дає можливість закладати ростверки на невеликій глибині, котра визначається лише умовами закладення колон каркаса.

Рис. 5.3. Конструкція фундаментів із застосуванням буронабивних палей:

1 – колона; 2 – підколонник стканного типу; 3 – бетонна подушка; 4 – буронабивная паля.

Для спирання стін на підколонники укладають залізобетонні фундаментні балки, що мають номінальну довжину 6 і 12 м, відповідну кроку колон. Залежно від розміру підколонника та способу спирання довжина балок може мінятися. Перетин і армування балок визначаються величиною прольоту і навантаженням, що передається від стіни. При розташуванні над фундаментною балкою воріт необхідна перевірка балки на навантаження, що виникають при проїзді транспортних засобів, або балка замінюється монолітною бетонною балкою з відповідним армуванням. Для спирання фундаментних балок біля підколонника до стінок стакана прилаштовують бетонні приливи або на виступи плити, що лежить нижче, встановлюють спеціальні стовпчики. Балки встановлюють так, щоб верхня їх площа виявилася на відмітці – 0,030. Це дає можливість після укладання по ній гідроізоляції завтовшки 30 мм вийти на рівень чистої підлоги. Спирання фундаментних балок безпосередньо на верхню грань підколонника, звільнить від необхідності добудови спеціальних опор у вигляді стовпчиків або приливів, але зажадає заглиблення підколонника до відмітки – 0,350 м і більше.

§ 5.3. Колони та підкранові балки

Номенклатура **колон** достатньо багатоманітна. Вона визначається місцем колони у складі будівлі, її висотою, навантаженням від перекриття і стін, від того, що спирається на каркас устаткування крана та інших технологічних облаштувань. Під впливом цих факторів сформувалися і знаходять переважне вживання уніфіковані типи колон прямокутного перетину, круглі та двухстовпчасті.

Висота колон відповідає висоті виробничого приміщення, що вимірюється від відмітки чистої підлоги до низу несучої конструкції покриття, кратної модулю 600 мм. Висота колон середнього ряду в тих випадках, коли на них спираються підкроквяні конструкції, приймається на 600 мм меншою. Нижні частини колон, що заводяться в стакани, до її загальної номінальної висоти не відносяться.

Для будівель без мостових кранів всі колони за висотою мають прямокутний перетин. При висоті перетину 400 мм середні колони вгорі мають двосторонні консолі, що збільшують їх верхню площину до 600 мм, що є необхідним для спирання несучих елементів двох суміжних прольотів.

Для будівель з мостовими кранами колони мають прямокутний та двухстовпчастий перетини. Надкранова частина колон, що не вимагає проходу для обслуговуючого персоналу, прямокутна. Розмір прямокутного перетину надкранової частини крайніх колон за висотою (у напрямі розрахункового прольоту рами) уніфікований і складає 380 і 6000 мм. Оскільки вісь підкранового шляху також має уніфіковану прив'язку до крайніх подовжніх координатних осей 750 мм, нульова прив'язка самих колон можлива лише при висоті перетину 380 мм. При висоті перетину 600 мм змушені приймати прив'язку «250». При пристрої в надкрановій частині проходу (його ширина 400 мм) вісь підкранового шляху має прив'язку 1000 мм, а прив'язку самої колони слід збільшувати до «500».

Біля двухстовпчастих колон гілки підкранової частини колон зв'язані розпірками через 1,5-3 м. Нижня розпірка, що заводиться в стакан колони, має отвори для зручності бетонування стакана. В нових розробках розпірку опускають на дно стакана, що забезпечує краще закладення колони та більшу зручність бетонування.

Залізобетонні підкранові балки в будівлях застосовують при кроці колон 6 і 12 м і вантажопідйомності кранів до 30 т. Оскільки підкранові балки при роботі кранів випробовують динамічні навантаження, замість залізобетонних балок переважно використовують металеві.

Залізобетонні підкранові балки застосовують таврового перетину із заздалегідь напруженим армуванням з потовщеною на опорах вертикальною стінкою. Розвинена верхня полиця підвищує жорсткість балки в горизонтальному напрямі, а нижня дає можливість зручного розміщення напружуваної арматури. Висота типових підкранових балок прольотом 6 м – 800 і 1000 мм, а 12 м – 1400 мм. За умов технологічності виготовлення та монтажу їх влаштовують розрізними.

§ 5.4. Кроквяні та підкроквяні конструкції, настили

Вибір типу конструкції покриття вимагає значної уваги, оскільки прольоти їх в масовому будівництві складають 12-24 м, а в деяких галузях промисловості (металургія, авіаційна промисловість, суднобудування) значно більше. Несучі елементи покриття облаштовують площинними і просторовими. Площинні містять кроквяні і підкроквяні.

Кроквяні конструкції піддаються діям, спричиненим як захисними елементами покриття, так і засобами внутрішньоцехового транспорту, що підвішені до них і технологічного устаткування, що спираються на них. Це визначає різноманіття їх форм і конструктивних рішень.

Кроквяні залізобетонні конструкції виготовляють у вигляді балок і ферм. Кожна з них має свої переваги та недоліки.

Залізобетонні балки зазвичай менш трудомісткі при виготовленні, мають меншу висоту в середині прольоту, проте матеріалу на них витрачається більше, ніж на ферми того ж прольоту. Об'єм міжбалочного простору тут менший, проте використовувати його для розміщення інженерних комунікацій складніше через обмеження величини отворів, що облаштовані у стінці балок. Найбільше балки використовують для перекриття прольотів 18 м. Є економічні рішення і для перекриття прольотів 24 м.

Кроквяні ферми виготовляють сегментного типу, рідше з трикутними ґратами, а частіше безроскісні. Останні простіші у виготовленні, проте вимагають дещо більшої витрати бетону. За необхідності добудови покриття з малим нахилом, що становить для прольоту 18 м – 3,3%, а для прольоту 24 м – 5%, у верхніх вузлах безроскісних ферм облаштовують стовпчики. Надання покриттю малого нахилу забезпечує ліпшу можливість механізації покрівельних робіт і створює велику надійність покрівлі в експлуатації. Проте через необхідність збільшення висоти зовнішніх стін, а звідси і об'єму будівлі, покрівлі з малим нахилом стають особливо доцільні в багатопролітних будівлях.

Необхідної несучої здатності ферм, залежної від маси технологічного

устаткування, що спирається на неї, типу та конструктивної схеми покриття, географічного району будівництва, досягають ухваленням потрібного відсотка армування і класу бетону. Основний варіант ферм розроблений для покриттів з плитами шириною 3 м. На особливо навантажених ділянках покриття допускається використання плит шириною 1,5 м. Це спричиняє вигин панелі верхнього пояса ферми, укладеної між її вузлами, що повинне враховуватися при розрахунку армування. Додання верхньому поясу ферми криволінійного контура полегшує рішення задачі, оскільки нецентрове розміщення кривої тиску викликатиме момент згину зворотного знаку.

Кроквяні балки та ферми розташовують з кроком 6 і 12 м. Крок 6 м переважає у кроквяних конструкціях, до яких підвішуються засоби внутрішньоцехового транспорту (монорельси, підвісні крани), оскільки при більшому кроці істотно обважнюють шляхи кранів. При сітці колон 18х6 або 24х6 м кроквяні конструкції встановлюють безпосередньо на колони. Якщо за умов технологічного процесу крок колон середніх рядів повинен бути великим, наприклад, 12 м, то по колонах встановлюють підкроквяні конструкції, а кроквяні конструкції ставлять вже на них по осі колони і по середині підкрокв. Висота колон, на які встановлюють підкроквяні конструкції, буде на 600 мм меншою, тобто на висоту опорної частини підкрокв.

Залізобетонні плити, що слугують основою для кривлі, укладають по поперечних кроквяних конструкціях; вони мають чотири типові розміри. При кроці кроквяних конструкцій 6 м використовуються плити 3х6 і 1,5х6 м, а при кроці 12 м – 12х6 і 1,5х12 м. Переважно застосовують плити шириною 3 м, що відповідає відстані між вузлами ферм. Плити шириною 1,5 м використовують переважно в тих випадках, коли для сприйняття навантаження, що виникає від відкладення снігу, несуча здатність плит шириною 3 м є недостатньою. При заміні її двома плитами шириною 1,5 м до роботи долучаються чотири ребра і за витратами бетону таке рішення є економнішим.

У зв'язку з упровадженням в практику сільськогосподарського

будівництва кроквяних конструкцій з прольотами 15 і 21 м виникла необхідність використовувати плити шириною 1,5 м.

Довгими настилами, що працюють «на проліт», перекривають прольоти 18 і 24 м. Спираються вони на балки або ферми, що йдуть по колонах уздовж будівлі. Прольоти балок або ферм визначаються кроком колон і складають 6 або 12 м. Номінальна ширина плит 3 м. Найбільш детально розроблені плити КЖС, П-образні та коробчаті прольотом 18 м. Плити П-образні та коробчаті мають висоту на опорі 600 мм і використовуються для малоухильних кровель. Плити КЖС мають на опорі висоту 145 мм. Ухил кривлі при цих плитах змінний, що ускладнює механізацію покрівельних робіт, а через малу висоту опорної частини прокладання комунікацій в межах покриття ускладнена.

§ 5.5. Основні елементи металевого каркасу

Металеві каркаси облаштовуються площинними і просторовими.

Площинні каркаси, що набули широкого поширення, є системою одно- або багатопролітних рам, стійкість яких забезпечується звичайно жорстким з'єднанням фундаменту з колонами (рис.). Іноді жорсткі рами каркаса шарнірно сполучають з фундаментом. Вибір конструктивного рішення визначається характером силових дій, яким вони піддаються, можливістю скорочення номенклатури та типорозмірів елементів, що входять до її складу, а також зниження матеріальних і трудових витрат на виготовлення і монтаж. В подовжньому напрямі стійкість каркаса забезпечується системою металевих зв'язків по колонах і фермах.

До складу сталевих каркасів входять колони, підкранові балки, кроквяні та підкроквяні конструкції, обв'язувальні балки, вертикальні і горизонтальні зв'язки.

Задля економного витрачання металу при проектуванні несучих конструкцій слід використовувати перш за все високоміцні низьколегировані та вуглецеві термічні зміцнені сталі, а також ефективні профілі, у тому числі

тонкі труби електрозварювань, гнutoзварні профілі, прокатні широкополочні двутаври. Сталеві конструкції будівель необхідно захищати від дії агресивного середовища, а в необхідних випадках і від блукаючих струмів. Для будівель, призначених для виробництв, в яких застосовується або проводиться твердий луг, сода або інші солі лужної реакції, а також за наявності пилу, що містить мідь, ртуть або їх з'єднання, які викликають контактну корозію, використання металевих конструкцій не допускається.

Використання залізобетонних настилів по сталевих фермах призводить до збільшеної витрати металу, тому такі рішення не розглядаються.

Переважає використання металевих несучих конструкцій у будівлях з легкими захисними конструкціями (профільований сталевий лист, асбестоцементні вироби, ефективний утеплювач).

Для таких будівель розроблені як площинні, так і *просторові несучі конструкції*. До них відносять: ферми з прокатних кутів або широкополочні таври і ферми з труб; рамні конструкції коробчастого перетину; структурні конструкції з прокатних кутів або з труб.

Прагнення скоротити трудовитрати, пов'язані зі зведенням покриття одноповерхової будівлі (а їх частка складає близько 60% від трудових витрат на монтаж всього каркаса), призвело до створення методу його конвейєрного збирання на рівні землі та монтажу готовими блоками розміром 12х24 або 12х30 м. Це спричинило необхідність внесення в каркас таких конструктивних змін, які дозволили б розчленовувати каркас на зручні для потокового монтажу блоки, не викликаючи при цьому істотного збільшення витрати металу. Таке рішення може досягатися пристроєм кожного блоку з двох підкроквяних і двох кроквяних ферм.

Для всіх елементів каркаса розроблено типові серії. При їх використанні в конкретному проектуванні необхідно провести статичні розрахунки і за одержаними зусиллями підібрати потрібний виріб або його складові частини.

Фундаменти під металеві колони відрізняються від фундаментів під залізобетонні колони тим, що жорстке їх взаємне з'єднання досягається не закладенням нижньої частини колони в стакан фундаменту, а їх з'єднанням анкерними болтами. При цьому під торець колони укладають сталевий лист, що забезпечує передачу навантаження на велику площу бетону фундаменту. Для забезпечення рівномірності тиску за всією площею листа та кращого сприйняття опорного моменту біля колони облаштовують опорну базу у вигляді траверсу, розміри якої визначають розрахунком. Базу, включаючи опорний лист і анкерні болти, заглиблюють нижче за відмітку чистої підлоги і бетонують. Це звільнить підлогу навкруги колони та захистить базу від корозії. У зв'язку з цим обріз фундаменту залежно від висоти бази закладають на позначці – 0,700 або -1,000 м. За відсутності розвиненої бази верх підколонника розташовують на позначці -0,250 м. Площу верхньої грані підколонника приймають такою, щоб відстань від осі анкерних болтів до грані підколонника була не меншою 150 мм.

Одноветвові колони для одно- і багатопролітних будівель виготовляють зазвичай з широкополочних двутаврів прокатними або зварними. Для безкранових будівель прольотом 18 і 24 м їх висота складає 6,0, 7,2 і 8,4 м. Вони допускають підвіску до ригелів рами кранів вантажопідйомністю до 5 т. Встановлюють їх з нульовою прив'язкою до крайніх осей. Для будівель з такими ж прольотами, але з опорними кранами вантажопідйомністю до 20 т висоту колон приймають 8,4 і 9,6 м. Колону встановлюють з прив'язкою до крайніх осей «250».

Двухстержневі колони ґратчастого типу розроблені для будівель, що мають прольоти 18-30 м і висоту 10,8-18,0 м, з інтервалом 12 м. Їх встановлюють з кроком по крайніх і середніх рядах 12 м при кранах вантажопідйомністю до 50 т. Для їх виготовлення використовують прокатні широкополосчаті двутаври та зварні елементи. При дуже перевантаженому режимі роботи крана колони облаштовують з проходами, в решті випадків без проходу уздовж підкранових шляхів. Складаються такі колони з двох

частин: верхньої – над кранової зі зварних або широкополочних двутаврів і нижньої – підкранової, складається з двох гілок, сполучених двохплощинними ґратами.

Підкранові сталеві балки є зварною двутавр суцільного перетину або ферми, що функціонують за розрізною або нерозрізною схемами. Розрізні підкранові балки мають постійний перетин і стикаються на опорах, де згинаючий момент дорівнює нулю. Такі балки менш чутливі до осідань опор, мають постійний перетин по всій довжині і однакові розміри верхнього і нижнього поясів.

Висоту підкранових балок визначають кроком колон і вантажопідйомністю крана. При кроці колон 12 м і більше, вантажопідйомності крана понад 50 т верхній пояс їх підсилюють гальмівними балками або фермами. Розміри стінок і полиць балок визначають за розрахунком. Конструкція кріплення верхнього пояса розрізних балок до колон – гнучка, нерозрізних балок – жорстка. При спиранні підкранових балок на уніфіковані залізобетонні колони консолі останніх забезпечують спеціальними сталевими заставами, плитами і сталевими підставками, що компенсують різницю висоти сталевих і залізобетонних підкранових балок.

За необхідності добудови уздовж підкранових балок проходу для обслуговування крана, що працює у дуже напруженому режимі, по гальмівних фермах облаштовують прохід, обгороджений по всій довжині.

Подовжню стійкість каркаса забезпечують вертикальними зв'язками. В підкрановому просторі зв'язки встановлюють по всіх колонах середнього кроку, а в надкрановому просторі – крайнього кроку температурного відсіку. Вид ґрат зв'язних ферм визначають розміром кроку і висотою будівлі. При двухстрижневих колонах зв'язки розташовують у площині крана: по крайніх колонах вони будуть одноплощинні, а по середніх колонах – двохплощинні.

§ 5.6. Види залізобетонних багатоповерхових каркасів і їх конструкцій

Багатоповерхові залізобетонні каркаси за своєю структурою можуть бути розділені на стоечно-балочні (колони, ригелі і плити) і безригельні (безбалочні): колони, капітелі (опорні коміри) і плити.

Стоєчно-балочні каркаси облаштовують переважно зі збірних елементів, що сполучаються у вигляді рамних або шарнірно-зв'язних систем. Залежно від призначення та характеру технологічного процесу, що відбувається в будівлі, ці каркаси мають регулярну або нерегулярну структуру.

Регулярна структура каркаса характеризується однаковими або майже однаковими розмірами прольотів і кроку на всіх поверххах. При нерегулярній структурі частина об'єму будівлі за умов розміщення великогабаритного технологічного устаткування має значно відмінні розміри, порівняно з іншими частинами будівлі.

У виробничих будівлях навантаження на перекриття у багатьох випадках істотно перевищує навантаження, що діють на перекриття цивільних будівель. При підвищених навантаженнях рамна **система каркаса** є переважно **шарнірно-зв'язною**, не зважаючи на те, що це спричиняє відомі труднощі, пов'язані з пристроєм жорстких з'єднань ригелів рами з колонами. Проте при рамному каркасі висота ригеля є меншою, скорочується витрата матеріалу і перш за все металу. Крім того, при рамній системі відпадає необхідність добудови в площині рами вертикальних діафрагм жорсткості, здатних істотно ускладнювати доцільне розташування устаткування і його перестановку при реконструкції.

При каркасах обох систем важке технологічне устаткування прагнуть розміщувати на нижніх поверххах або безпосередньо на землі. Це дає можливість зробити конструктивні елементи каркаса легшими і досягти економнішого рішення несучого остову. В тих випадках, коли технологічний процес, що протікає в будівлі, не допускає установки проміжних опор,

перекриття облаштовують, як працююче «на проліт». Несучі конструкції такого перекриття при прольоті 12-18 м є фермою з паралельними поясами заввишки до 3 м. Це дає змогу використовувати міжфермовий простір як технічний поверх, в якому можуть розміщуватися приміщення підсобно-виробничого та допоміжного призначення, проміжні склади, прокладатися інженерні комунікації. Настили, що укладаються по верхніх поясах ферм, у цьому випадку є підставою під підлогу верхнього поверху, ті, що укладаються по нижньому поясу – стелею нижнього поверху.

§ 5.7. Фактори, що визначають вибір конструкції стін

Конструктивне рішення зовнішніх стін визначається характером покладених на них функцій як несучого, захисного й архітектурно-художнього елементів будівлі. Останній формує її зовнішній вигляд.

За **характером виконання несучих функцій** зовнішні стіни поділяються на несучі, самонесучі і ненесучі (навісні). *Несучі стіни* виробничих будівель завдяки наявності в них, як правило, повного каркаса застосовують досить рідко. При *самонесучих стінах* власна їх маса по всій висоті передається безпосередньо на фундамент. На фасаді будівлі в цьому випадку можуть виникати лише окремі отвори, перемички яких спираються на міжвіконні простінки. При ненесучих стінах власна їх маса поярусно передається на елементи каркаса. Тому світлопрозорі огорожі в необхідних випадках можуть мати вид стрічок, що не мають несучих простінків. У всіх випадках площа вікон повинна бути мінімальною необхідною за умов освітленості.

Елементи ненесучих стін, що спираються безпосередньо на каркас, надійно з ним пов'язані і тому володіють підвищеною міцністю. Такі стіни більше використовуються в будівлях зі значними динамічними навантаженнями, великими перепадами температур і в інших випадках, коли є вірогідність виникнення підвищених або знакозмінних деформацій.

Для стін з дрібнорозмірних елементів (цегла, легкобетонне каміння) типовою є самонесуча система. Стіни з використанням крупних панелей з

легких або керамзитових бетонів, багатошарових панелей можуть бути як самонесучими, так і ненесучими. Стіни полегшених будівель, збудовані з полегшених матеріалів (сталеві, алюмінієві, асбестоцементні листи), роблять ненесучими.

Найважливішою якістю зовнішніх стін є їх **теплозахисна здатність**. Вона оцінюється перш за все нормованим *температурним перепадом* між температурою внутрішнього повітря та температурою внутрішньої поверхні зовнішньої стіни для холодної пори року і допустимою величиною амплітуди коливання температури внутрішньої поверхні стіни, для жаркого періоду часу. Оцінюється також *повітропроникність зовнішніх стін*, здатна вплинути на ефективність теплозахисту. Задані якості досягаються підбором матеріалу, що характеризується необхідними теплозахисними якостями, теплотехнічним розрахунком параметрів одно- або багатошарових перешкод і герметизацією стикових з'єднань.

При знаходженні стін в умовах слабкої, середньої і вильної агресивності задля підвищення їх довговічності вживають **заходів щодо захисту конструктивних елементів стіни від дій агресивного середовища або ослабленню її впливу** на конструкцію. Так, при добудові стін з пінобетону або листових матеріалів, що недостатньо стійкі до фізико-механічних дій, цоколь та інші частини стіни, що піддаються частому змочуванню при випаданні атмосферних опадів, а також за наявності небезпеки механічних пошкоджень, будуються зазвичай з цегли, керамзитобетону або інших більш довговічних за цих умов матеріалів.

У виробничих будівлях, в яких за умов агресивності середовища є небезпека корозії металевих кріпильних елементів, останні повинні мати надійний антикорозійний захист, стійкий до цього виду дій, і мати постійний доступ для огляду. При досить агресивних середовищах перевага у багатьох випадках надається самонесучим стінам, біля яких є лише гнучкі металеві зв'язки з каркасом, а власна маса передається через простінки безпосередньо на фундамент.

Залежно від встановленого для будівлі **ступеня вогнестійкості** мінімальна межа вогнестійкості стіни повинна складати для самонесучих стін 1-1,25 ч, а для ненесучих – 0,25-0,5 ч.

Розвиток індустріального будівництва з застосуванням виробів **високої заводської готовності** зумовлює необхідність розчленовування стіни розрізанням її на зручні для заводського виготовлення, транспортування та монтажу великі панелі, що навішуються або прикріплюються до каркаса будівлі. Панелі доставляють на майданчик будівництва у готовому вигляді.

Для традиційних **великопанельних стін**, як самонесучих, так і ненесучих, характерне **горизонтальне розрізання**, що дає змогу кріпити їх безпосередньо до колон каркаса або фахверка. При використанні таких панелей легко підкреслюється каркасна структура будівлі, полегшується горизонтальне трактування фасаду, спрощується номенклатура виробів. Проте повсюдне горизонтальне розрізання, особливо, коли стіна має малу висоту та велику протяжність, виникає необхідність розчленовування стіни вертикальними швами задля усунення несприятливого враження нескінченної протяжності.

В будівельних районах, де індустріальна база розвинена недостатньо, для кладки стін використовують **дрібнорозмірні вироби** – цегла, керамічні та бетонні блоки. Їх вживання дає змогу урізноманітнити зовнішній вигляд будівлі. Проте висока трудомісткість будівництва змушує робити такі стіни лише при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

§ 5.8. Стіни з металевих листів

Стіни з металевих листів дають можливість зменшити масу стіни порівнянно з легкобетонними в 6...10 раз або на 250...300 кг/м² при приблизно тій же вартості. Це досягається використанням облицювання стін тонкими сталевими або алюмінієвими листами та розташуванням між ними ефективного утеплювача, що дає змогу забезпечити в приміщеннях задані параметри мікроклімату. Таке різке зниження маси металевих стін

визначило їх назву – легкі.

Використання таких стін у промисловому будівництві регламентується перш за все встановленими обмеженнями щодо економного витрачання металу, наявністю в районі будівництва індустріальної бази, що забезпечує можливість виготовлення та доставки необхідних виробів, сприятливими техніко-економічними показниками, а також відсутністю будь-яких екстремальних умов, що зумовлюються специфікою технологічного процесу, що відбувається в будівлі.

Теплозахисну основу металевих стін становить ефективний теплоізоляційний матеріал (пінополіуретан, пінополістирол, пінопласт, базальтова вата тощо), що розташовується між зовнішньою і внутрішньою обшивками. Особливістю теплозахисних якостей легких металевих стін є їх мала теплова інерція, що змушує при визначенні необхідного загального опору теплопередачі приймати середню температуру найхолодніших діб або навіть абсолютного мінімуму. Крім того, в металевих стінах досить важко уникнути добудови монтажних з'єднань, які не ставали б теплопровідними. При цьому необхідно стежити за тим, щоб в цих місцях на внутрішній поверхні стін не відбувалося випадання конденсаційної вологи.

§ 5.9. Стіни з кам'яних матеріалів ручної кладки

Стіни з кам'яних матеріалів ручної кладки застосовують в тих випадках, коли використання великорозмірних елементів індустріального виробництва ускладнене, а вироби для ручної кладки є продукцією підприємств місцевої промисловості. Це, хоча і збільшує трудомісткість робіт, але у багатьох випадках звільнить від необхідності здійснення перевезень на далекі відстані.

Вироби для ручної кладки – це суцільна та порожниста цегла, керамічні порожнисті блоки, легкобетонне (густиною до 1400 кг/м³) каміння, блоки з легких природних кам'яних матеріалів. Висота таких виробів звичайно не перевищує 20 см, а маса 30 кг, що визначається

фізіологічними можливостями людини й умовами доцільної організації робочого місця.

При ручній кладці з дрібнорозмірних виробів, особливо з цегли, досягається значна монолітність огорожі. Тому такі стіни рекомендуються перш за все для приміщень, що герметизуються.

Стіни з кам'яних дрібноштучних матеріалів застосовують переважно як самонесучі. Несучі стіни у виробничих будівлях облаштовують досить рідко і лише в невеликих однопролітних будівлях без мостових кранів. Використання таких стін як ненесучих недоцільне, оскільки товщина їх визначається теплозахисними потребами, а несучі її можливості використовуватися не будуть.

§ 5.10. Види покриттів і фактори, що визначають їх вибір

Конструкція покриття визначається його профілем, заданими теплозахисними якостями, матеріалами, що використовуються як несуча його основа та покрівля, а також способом відведення атмосферних вод.

На практиці знаходять вживання **плоскі покрівлі** (нахил до 2,5%), **малонахилені** (нахил 2,5...10%), **зі змінним нахилом** і **сильнонахилені**.

При добудові будівництв найпоширеніших малонахилених покрівель використовують різні види рулонних і мастикових матеріалів, що укладаються в 2-4 шари залежно від нахилу. Робота з добудови покрівлі з цих матеріалів найкраще піддається механізації, ці покрівлі довговічні, легко піддаються ремонту.

Змінний нахил покрівлі виникає у випадках, коли несучі елементи покриття мають криволінійний контур. До них відносяться сегментні ферми (без вирівнюючих стовпчиків), арки, оболонки тощо. У цих випадках при добудові покрівлі застосовують еластичні матеріали, що здатні відтворювати кривизну покриття. Проте при змінному нахилі важче механізувати роботи, і виникає необхідність змінювати марку мастик, застосовуючи менш теплостійкі на ділянках малого нахилу, що сприяє самозахисту покрівлі в

літній період, і більш теплостійкі на ділянках з сильним нахилом, що зменшує небезпеку сповзання покрівлі в жаркий період року.

Сильнонахилені покрівлі застосовують зазвичай у будівлях, що мають двосхиле покриття з неорганізованим стоком дощових вод і вільним сповзанням снігу.

За умовами теплозахисту покриття поділяють на **теплі** та **холодні**. При теплих покриттях перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою зовнішньої поверхні покриття повинен бути не нижчим встановлених по санітарних вимогах (7-8°C). Холодні покриття типові для неопалювальних будівель, а також для цехів, покриття яких нагріваються до високих температур, що викликають танення снігу, що потрапляє на них. Матеріалом для таких покриттів може бути асбестоцемент, сталевий лист.

Залежно від конструкції настилу опори для покриття розділяють на так звані «**традиційні**» та **легкі**. В першому випадку їх настилом слугують залізобетонні плити, що укладаються безпосередньо по ригелях рам, в другому – профільований настил, що укладається по прогонах, укладених на ригелі рам. Вибір матеріалу утеплювача звичайно пов'язаний з матеріалом несучого шару покриття. При залізобетонних настилах використовують легкі бетони, мінераловатні та скловолокнисті матеріали, фіброліт. При легких покриттях доцільне використання ефективнішого утеплювача – пінополістиролу, пінополіуретану й інших полімерних матеріалів, що мають малу густину.

При добудові покриття важливо уникнути небезпеки зволоження утеплювача та пов'язане з цим зниження його теплозахисних властивостей. Зволоження може бути результатом попадання в нього атмосферних опадів у період здійснення будівельно-монтажних робіт і конденсації в ньому водяної пари, що проникає з приміщення під час експлуатації. Захист утеплювача від атмосферних опадів може досягатися наклеюванням на нього в заводських умовах гідроізоляційного шару, захист від зволоження конденсаційною вологою – добудовою пароізоляційного шару.

Довговічність покрівлі значно залежить від належного вибору

матеріалу, що вирівнює стяжку й накладається по теплоізоляційному шару. Особливо небезпечно, коли поверхня останнього недостатньо рівна або не має потрібної міцності. Найпоширеніші цементно-піщані стяжки марки 50-100 завтовшки 10-25 мм. Якщо укладання стяжки здійснюється в осінньо-зимовий період, то її виконують з асфальтобетону завтовшки 15 мм.

Монолітна стяжка задля уникнення пошкодження покрівельного килима температурними деформаціями, що виникають в ньому, поділяється швами на ділянки розміром не більше ніж 6х6 м при цементно-піщаному розчині і 4х4 м при піщаноасфальтобетонному.

Рулонні та мастикові покрівлі оберігаються від руйнування сонячною радіацією і різкого перепаду температур укладанням захисних шарів з дрібного гравію світлих тонів, втопленого в мастику.

Велика вага традиційних залізобетонних утеплених покриттів, що досягає 350-400 кг/м², зумовлює підвищену матеріаломісткість всіх елементів каркаса. Це спричиняє необхідність пошуку шляхів зниження його матеріаломісткості, трудомісткості та вартості. Роботи ці здійснюються у двох напрямках. У першому випадку прагнуть знайти економніше рішення настилів покриття за рахунок виготовлення його багатопустотним за безперервною технологією. У другому випадку прагнуть створити змішане рішення, замінивши залізобетонний настил профільованим сталевим листом або асбестоцементними панелями.

§ 5.11. Ліхтарі

Ліхтарі, що розташовують на покриттях виробничих будівель, за своїм призначенням бувають світлові, світлоаераційні й аераційні. Світлові ліхтарі використовуються для освітлення приміщень природним світлом відповідно до заданого коефіцієнта природної освітленості (к.п.о). Світлоаераційні – для освітлення й організації потрібного повітрообміну – аерації приміщень. Аераційні – лише для організації повітрообміну.

Світлова активність ліхтарів досягається їх належним розташуванням,

формою, розміром, прозорістю світлопропускнуго матеріалу, конструктивним рішенням. Ліхтарі повинні забезпечувати необхідну освітленість приміщення (залежно від виду роботи), необхідні теплотехнічні якості, захист приміщень від шкідливої дії сонячної радіації, художню виразність, зручність обслуговування, економічну ефективність.

Світлові та світлоаераційні ліхтарі за своєю конструкцією можуть бути у вигляді ліхтарів-надбудов над покриттям, частіше всього прямокутних, і у вигляді зенітних ліхтарів різного профілю.

Прямокутні ліхтарі при прольотах 18 м облаштовують шириною 6 м, звично з одним ярусом застклеваних палітурок заввишки 1,8 м; при великих прольотах ліхтарі можуть мати ширину 12 м і мають один ярус застклеваних палітурок заввишки 1,8 м або два яруси – висотою по 1,2 м кожний. Аерація приміщень досягається добудовою біля таких ліхтарів віконних палітурок, що відкриваються. За необхідності забезпечення не задування повітря перед фрамугами, що відкриваються, встановлюють щити.

Довжину прямокутних ліхтарів рекомендується приймати не більше 84 м, за умов зручності пересування по даху будівлі, а відстань від торця ліхтаря до зовнішньої стіни або між торцями ліхтарів – рівна кроку кроквяних конструкцій. Для скління палітурок ліхтарів використовують шибку, товщину якої знаходять за розрахунком, але не менше 4 мм. Кріплення скла до палітурки здійснюють на пружних прокладках. Для запобігання нещасних випадків у площині несучих елементів покриття при використанні неармованого скла встановлюють захисну сітку. Доступ на дах ліхтаря досягається установкою по торцях ліхтаря сталевих драбин.

§ 5.12. Перегородки

У виробничих будівлях використовують розділові і обгороджу вальні перегородки. Розділові призначені для повного розділення приміщень, істотно відмінних за своїм функціональним призначенням. Обгороджувальні перегородки мають невелику висоту та призначені для виділення ділянок

виробництва, на які доступ людей повинен бути обмежений.

У одноповерхових виробничих будівлях розділові перегородки доходять до нижньої площини покриття. Тому вони мають велику висоту, що спричиняє необхідність їх кріплення вгорі до елементів каркаса. Це визначає доцільність розташування подовжніх перегородок безпосередньо біля подовжнього ряду колон, а поперечних – по осі ригелів рам. Таке розташування дозволяє уникнути перетинів ригелів перегородками і кріпити останні безпосередньо до несучих елементів будівлі.

Обгороджувальні перегородки, що мають висоту зазвичай не більше 2,4 м, роблять консольними, за можливістю, збірно-розбірної конструкції, що допускає їх переміщення.

Нині на практиці у великопрольотних будівлях широко використовуються великопанельні розділові перегородки, вмонтовані по залізобетонних або сталевих фахверкових колонах. Панелі з важкого, легкого або комірчастого бетону мають товщину 70 мм, довжину 6 м, висоту 1,2 і 1,8 м. Аналогічні панелі виготовляють з гіпсобетону або фіброліту. В межах висоти ферми, де використовування підйомних кранів для монтажу панелей ускладнене, приміщення поділяють асбестоцементними або металевими листами, що прикріплюються до сталевих надколонників. Перспективним є використання легких каркасно-обшивочних перегородок, які можна вмонтовувати та демонтувати у будівлях, що експлуатуються, за допомогою засобів малої механізації.

Перегородки часто виготовляють з профільованого оцинкованого сталевих листа, прикріпленого до каркаса. Їх застосовують в будівлях заввишки до 10,8 м при неагресивному середовищі та вологості повітря усередині приміщення не більше 65%. Такі перегородки роблять як розділовими, так і обгороджувальними. Конструкція перегородок складається із стійок, ригелів і обшивки зі сталевих листа з висотою гофра 40 мм. Внизу стійки кріплять до підстиляючого шару підлоги болтами, що самостійно заанкеруються. Вверху перегородки кріпляться до конструкції покриття.

Також використовують перегородки з асбестоцементних листів у сталевому каркасі. Вони складаються з панелей розміром 6х2,4 м і 6х12 м, стійок і ригелів. Рама панелей складається з тонкостінних труб, до яких кріплять асбестоцементні плоскі листи за допомогою штапиків зі сталевих гнутих кутів. Останні в необхідних випадках можуть замінюватися армованим склом.

§ 5.13. Підлоги

Вибір конструкції підлоги визначають перш за все їх виглядом та інтенсивністю силових і несилових дій, яким вона піддається під час експлуатації будівлі, а також специфікою вимог, зумовлених технологічним процесом, що відбувається в приміщенні.

До силових дій відносять механічне, зокрема ходьбу людей, рух безрейкового транспорту, удари від падіння твердих предметів, спуск важких вантажів і устаткування, зосереджені і розподілені навантаження на підлогу. За інтенсивністю силові дії розділяють на слабкі, середні та значні. До несилових дій відносять вплив, що здійснюється на підлогу різними рідинами – водою, розчинами кислот, лугів, органічних речовин, мінеральними маслами й емульсіями, а також теплові дії, які приймають з умовною градацією 50; 100; 500; 800 і 1400°C.

Залежно від особливостей технологічного процесу до підлог ставлять специфічні вимоги щодо обмеження відділення пилу в результаті зносу, іскроутворення, електропровідності, необхідності спеціальної обробки поверхні тощо.

За своєю структурою підлоги можуть **бути одношарові та багатшарові**, ті, що містять покриття, підстилаючий шар, прошарок, стяжку, гідро-, тепло- і звукоізоляційний шар. Покриття є визначальним для підлоги, її називають, власне, за його видом.

У виробничому цеху на окремих ділянках можуть протікати різні технологічні процеси, тому і конструкція підлоги може бути різною. Так,

можуть бути виділені ділянки, де є постійні робочі місця й існує небезпека протікання розплавленого металу, місця, призначені для руху транспорту на пневматичному або гусеничному ході тощо. У проектній документації конструкція підлоги на цих ділянках повинна знайти чітке відображення.

За технологією здійснення покриття підлога може бути **монолітна** (суцільна) або настелятися зі **штучних і рулонних матеріалів**. Серед підлог загального призначення масове використання мають бетонні, цементно-піщані й асфальтобетонні покриття. Товщина бетонних і цементно-піщаних покриттів залежно від інтенсивності механічних дій, класу бетону та марки розчину складає 20...30 мм, асфальтобетонні 25...50 мм. У цехах, що мають надлишкове тепло та силові дії, застосовують покриття з жаротривкого бетону, клінкерної цегли, а також шлакоситалових плит і з кам'яного литва, які укладаються на різних розчинах і мастиках, підібраних залежно від характеру рідинних дій. Досить значний обсяг робіт при покритті підлоги мозаїчним бетоном як з суцільним покриттям, так і складених з плиток заводського виготовлення завтовшки 30 мм. Використання підлоги зі сталевих і чавунних плит обмежується звичайно цехами з важкими навантаженнями, ливарними, ковальсько-пресовими тощо, а також місцями інтенсивного руху транспорту.

Розділ I. ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ

§ 1.1. Системи опалення

Для підтримання першого нормативного параметру мікроклімату приміщення – температури, використовується опалення.

Нині застосовують центральні системи переважно водяного і значно рідше парового опалення, місцеві та центральні системи повітряного опалення, а також пічне опалення використовують у сільській місцевості. Наведемо загальну характеристику цих систем (окрім пічного опалення) з детальною класифікацією на підставі розглянутих властивостей теплоносіїв.

При водяному опаленні нагріта вода, що циркулює, охолоджується в опалювальних приладах і повертається до теплоджерела для подальшого нагрівання.

Системи водяного опалення *за способом створення циркуляції води* поділяються на системи з природною циркуляцією (гравітаційні) і з механічним спонуканням циркуляції води за допомогою насоса (насосні). У **гравітаційній** системі (рис. 1.1, а) використовується властивість води змінювати свою густину при зміні температури. В замкнутій вертикальній системі з нерівномірним розподілом густини під дією гравітаційного поля Землі виникає природний рух води.

У насосній **системі** (рис. 1.1, б) використовується насос з електричним приводом для створення різниці тиску, яка спричиняє циркуляцію, і в системі створюється вимушений рух води.

За *температурою теплоносія* розрізняються системи низькотемпературні з граничною температурою гарячої води $t_f < 70^\circ\text{C}$, **середньотемпературні** при t_f від 70 до 100°C і **високотемпературні** при $t_f > 100^\circ\text{C}$. Максимальне значення температури води обмежено нині 150°C .

За *розташуванням труб*, що з'єднують опалювальні прилади по вертикалі або горизонталі, системи опалення діляться на **вертикальні і горизонтальні**.

Залежно від схеми з'єднання труб з опалювальними приладами системи опалення бувають **однотрубні** та **двотрубні**.

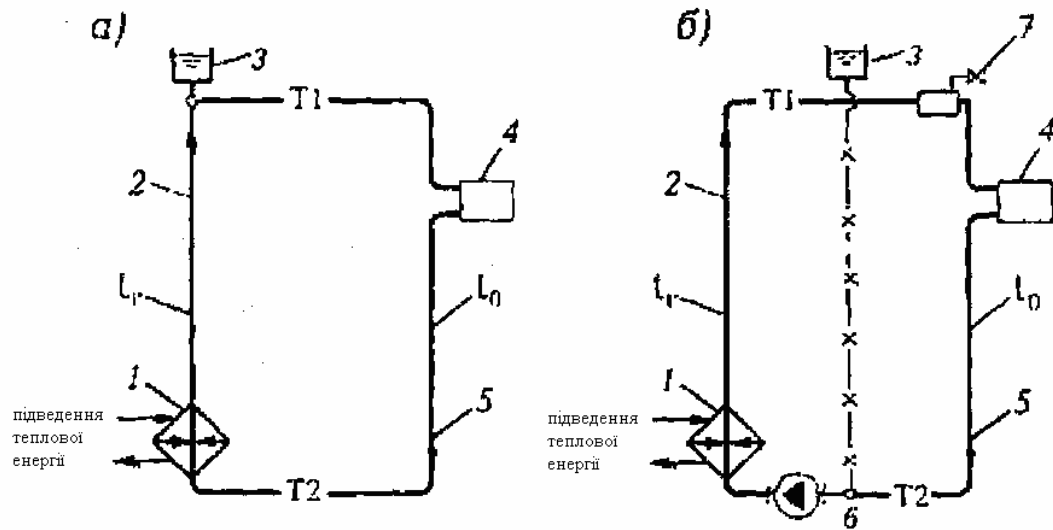


Рис. 1.1. Схеми системи водяного опалення:

а – з природною циркуляцією (гравітаційна); *б* – з механічним спонуканням циркуляції води (насосна); 1 – теплообмінник; 2 – підведений теплопровід (T1); 3 – розширювальний бак; 4 – опалювальний прилад; 5 – зворотній теплопровід (T2); 6 – циркуляційний насос; 7 – пристрій для випуску повітря з системи.

У кожному стояку або гілці однотрубної системи опалювальні прилади з'єднуються однією трубою, вода протікає послідовно через всі прилади. Якщо кожний прилад розділений умовно на дві частини ("а" і "б"), в яких вода рухається в протилежних напрямках і теплоносій послідовно проходить спочатку через всі частини "а", а потім через всі частини "б", то така однотрубна система носить назву **біфілярною** (двохпотоковою).

У двотрубній системі кожний опалювальний прилад приєднується окремо до двох труб - підведеної і зворотньої, вода протікає через кожний прилад незалежно від інших приладів.

При **паровому опаленні** в приладах виділяється теплота фазового перетворення в результаті конденсації пари. Конденсат віддаляється з приладів і повертається в паровий котел.

Системи парового опалення за *способом повернення конденсату* в котел розділяються на замкнуті (рис. 1.2,а) з самопотоковим поверненням конденсату та **розімкнені** (рис. 1.2, б) з перекачуванням конденсату насосом.

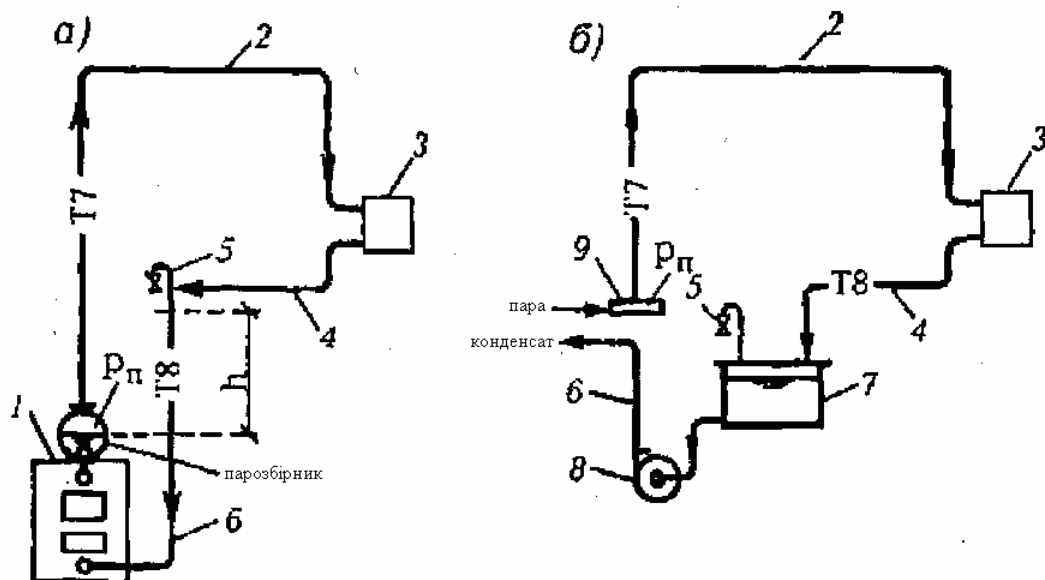


Рис. 1.2. Схеми системи парового опалення:

а – замкнута схема; *б* – розімкнена схема; 1 – паровий котел з парозбірником; 2 – паропровід (Т7); 3 – опалювальний прилад; 4 і 5 – самопотоковий і напірний конденсатопроводи (Т8); 6 – повітровипускна труба; 7 – конденсатний бак; 8 – конденсатний насос; 9 – паророзподільний колектор.

У замкнутій системі конденсат безперервно поступає в котел під дією різниці тиску, що виражається стовпом конденсату висотою h (див. рис.1.2, *а*) і тиском пари p_n у парозбірнику котла. Саме тому, опалювальні прилади повинні знаходитися достатньо високо над парозбірником (залежно від тиску пари в ньому).

У розімкненій системі парового опалення конденсат з опалювальних приладів самопливно та безперервно поступає в конденсатний бак і по мірі накопичення періодично перекачується конденсатним насосом у котел. У такій системі розташування бака повинне забезпечувати стікання конденсату з нижнього опалювального приладу в бак, а тиск пари в котлі долається тиском насоса.

Залежно від *тиску пари* системи парового опалення підрозділяються на **субатмосферне, вакуум-парове, низького і високого тиску** (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Параметри насиченої пари в системах парового опалення

Система	Абсолютний тиск, МПа	Температура, °С	Питома теплота конденсації, кДж/кг
Субатмосферна	0,10	<100	>2260
Вакуум-парова	<0,11	<100	>2260
Низького тиску	0,105-0,17	100-115	2260 -2220
Високого тиску	0,17-0,27	115-130	2220-2175

Максимальний тиск пари обмежений допустимою границею тривалості температури, що підтримується на поверхні опалювальних приладів і труб в приміщеннях (надмірному тиску 0,17 МПа відповідає температурі пари приблизно 130 °С).

У системах субатмосферного та вакуум-парового опалення тиск у приладах менший від атмосферного та температура пари нижча 100°. У цих системах можна, змінюючи величину вакууму (розрідження), регулювати температуру пари.

Теплопроводи систем парового опалення діляться на **паропроводи**, по яких переміщається пара і **конденсатопроводи** для відведення конденсату.

По паропроводах пара переміщується під тиском p_n у парозбірнику котла (див. рис. 1.3, а) або в паророзподільному колекторі (див. рис. 1.3, б) до опалювальних приладів.

Конденсатопроводи (див. рис. 1.2) можуть бути **самопотоківими** і **напірними**. Самопотоківі труби прокладають нижче опалювальних приладів з нахилом у бік руху конденсату. В напірних трубах конденсат переміщається під дією різниці тиску, що створюється насосом або залишковим тиском пари в приладах.

У системах парового опалення використовуються переважно двотрубні стояки, але можуть застосовуватися і однострубні.

При повітряному **опаленні** циркулююче нагріте повітря охолоджується, передаючи теплоту при змішуванні з повітрям обігріваних приміщень, а іноді через їхні внутрішні огорожування. Охолоджене повітря повертається

до нагрівача.

Системи повітряного опалення за способом створення циркуляції повітря розділяються на системи з **природною циркуляцією** (гравітаційні) і з **механічним спонуканням** руху повітря за допомогою вентилятора.

Повітря, яке використовується в системах опалення, нагрівається до температури, що не перевищує 60°C в спеціальних теплообмінниках - калориферах. Калорифери можуть обігріватися водою, паром, електрикою або гарячими газами. Система повітряного опалення при цьому відповідно називається **водоповітряною, пароповітряною, електроповітряною** або **газоповітряною**.

Повітряне опалення може бути **місцевим** (рис. 1.3, а) або **центральним** (рис. 1.3, б).

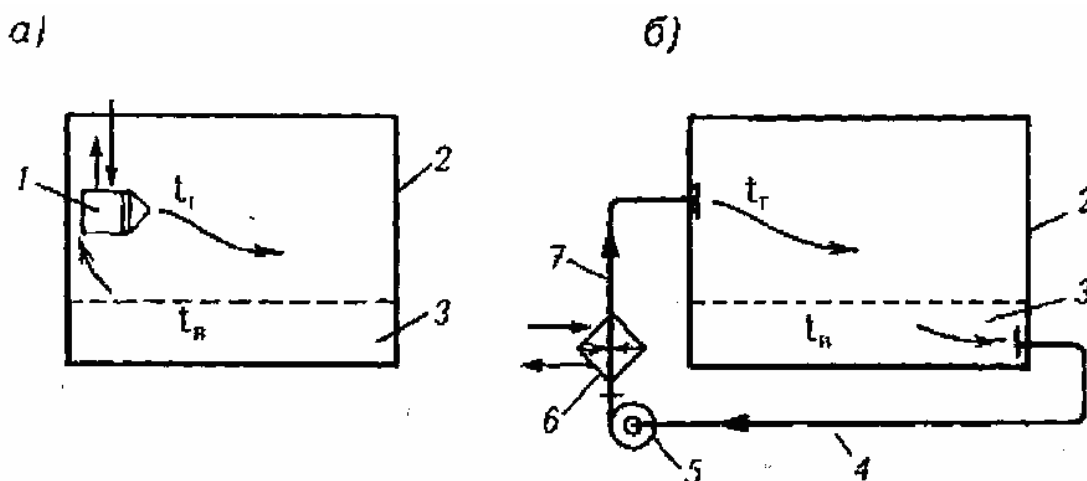


Рис. 1.3. Схеми системи повітряного опалення:

а — місцева система; б — центральна система; 1 — опалювальний агрегат; 2 — приміщення, що обігрівается (приміщення на рис. б); 3 — робоча зона приміщення; 4 — зворотний повітропровід; 5 — вентилятор; 6 — теплообмінник (калорифер); 7 — подаючий повітропровід.

У місцевій системі повітря нагрівається в опалювальній установці з теплообмінником (калорифером або іншим опалювальним приладом), що знаходиться в опалювальному приміщенні.

У центральній системі теплообмінник (калорифер) розміщується в окремому приміщенні (камері). Повітря при температурі t_B підводиться до

калорифера по **зворотному** (рециркуляційному) повітропроводі. Гаряче повітря при температурі t_r переміщається вентилятором в приміщення, що обігрівается по **подаючим повітропроводам**.

Системи опалення – це сукупність технічних елементів, призначених для отримання, перенесення та передачі у всі приміщення кількості теплоти, необхідного для підтримки температури на заданому нормативному рівні. Системи опалення поділяються на місцеві та центральні.

До місцевих систем опалення відносять електричне, газове (при горінні газу безпосередньо в опалювальних установках) та пічне опалення. Радіус дії місцевих систем опалення обмежений одним-двома приміщеннями.

Центральними називають системи, призначені для опалення багатьох приміщень з одного теплового центру. Тепловий центр може обслуговувати одну споруду, що обігрівается, або групу споруд (у цьому випадку систему опалення називають районною).

Теплове перенесення в системах опалення здійснюється теплоносієм: рідким (вода) або газоподібним (пара, повітря, газ). Залежно від виду теплоносія системи опалення поділяються на водяні, парові, повітряні та газові.

Центральні системи опалення можуть бути комбінованими, коли теплоносієм систем (повторний) нагрівається первинним теплоносієм (зазвичай високотемпературною водою або паром).

Центральні системи водяного та повітряного опалення встановлюють з природною циркуляцією теплоносія або з механічним спонуканням циркуляції насосами або вентиляторами. Системи парового опалення поділяють на системи низького тиску при початковому надлишковому тиску пари від 0,005 до 0,02 МПа, підвищеного тиску - від 0,02 до 0,07 МПа та високого тиску – вище 0,07 МПа (0,7 кгс/см²).

§ 1.2. Вибір системи опалення

Тепловий режим у будівлях і приміщеннях за холодний період року може бути постійним і змінним залежно від їхнього призначення.

Опалення приміщень у неробочий час називають черговим. У будівлях і приміщеннях з постійним тепловим режимом протягом опалювального сезону необхідно застосовувати такі системи опалення (з граничною температурою теплоносія t_T , або тепловіддаючої поверхні $t_{\text{пов}}$):

1) у лікарнях і стаціонарах (окрім психіатричних і наркологічних) – системи водяного опалення з радіаторами і панелями при $t_T = 85^\circ\text{C}$ (металеві прилади) і 95°C (бетонні прилади) з тим, щоб середня температура поверхні опалювальних приладів не перевищувала 75°C ;

2) у дитячих дошкільних установах, у житлових будинках, гуртожитках, готелях, будинках відпочинку, санаторіях, пансіонатах і піонерських таборах, амбулаторіях, аптеках, здоров'я пунктах, психіатричних і наркологічних лікарнях, у лазнях і душових павільйонах, у музеях, на виставках, у книгосховищах, архівах, бібліотеках, в адміністративно-побутових будівлях при безперервному виробничому процесі – системи водяного опалення з радіаторами і конвекторами (у лікарнях, лазнях і душових павільйонах – лише з радіаторами) при $t_T = 95^\circ\text{C}$ (105°C – для однотрубних систем у перерахованих будівлях, окрім лікарень, дитячих установ, лазень і душових павільйонів, і до 130°C – для однотрубних систем при конвекторах з кожухом, якщо вони припустимо у зазначених будівлях, за винятком житлових будинків і дитячих установ).

У перерахованих будівлях можна застосовувати електричне опалення (окрім будівель дитячих установ, лазень і душових павільйонів), газове опалення (окрім будівель лікарень) при $t_{\text{пов}} = 95^\circ\text{C}$, а також повітряне опалення (окрім будівель лікарень і дитячих установ);

3) у вокзалах, аеропортах, плавальних басейнах, на сходових клітках, пішохідних переходах, у вестибюлях приміщень – систем повітряного опалення; водяного опалення з радіаторами і конвекторами (у басейнах, з гладкими трубами) при $t_T = 150^\circ\text{C}$, системи електричного (окрім сходових кліток, переходів і вестибюлів) і газового опалення в плавальних басейнах при $t_{\text{нов}} = 150^\circ\text{C}$; системи парового опалення в сходових клітках, переходах і вестибюлях при $t_T = 130^\circ\text{C}$;

4) у виробничих приміщеннях категорій *A*, *Б* і *В* при безперервному технологічному процесі без виділення пилу і аерозолів – системи повітряного опалення; водяного опалення з радіаторами і гладкими трубами при $t_T = 150^\circ\text{C}$; парового опалення при $t_T = 130^\circ\text{C}$.

У приміщеннях категорії *В* можливе використання електричного та газового опалення при $t_{нов} = 110^\circ\text{C}$.

У тих же приміщеннях при виділенні пилу й аерозолів граничну температуру теплоносія потрібно приймати 110°C у приміщеннях категорій *A* і *Б* і 130°C у приміщеннях категорії *В*.

Водяне та парове опалення не допускається в приміщеннях категорій *A* і *Б* у тих випадках, коли в них зберігаються або застосовуються речовини, що при контакті з водою або водяними парами утворюють вибухонебезпечні суміші, або речовини, схильні до самозагорання або вибуху при взаємодії з водою.

Крім того, температуру теплоносія в системах опалення з місцевими опалювальними приладами в приміщеннях категорій *A*, *Б* і *В* і для калориферів рециркулюючих повітряних завіс, що розміщуються в цих приміщеннях, потрібно приймати не менше ніж на 20% нижчою за температуру самозаймання газів, парів, пилу і аерозолів, що виділяються в приміщеннях;

5) у виробничих приміщеннях категорій *Г* і *Д* *при безперервному технологічному процесі*:

а) без виділення пилу і аерозолів – системи повітряного опалення; водяного опалення з ребристими трубами, радіаторами і конвекторами при $t_T = 150^\circ\text{C}$, парового опалення при $t_T = 130^\circ\text{C}$; системи електричного та газового опалення з високотемпературним темним випромінюванням;

б) при підвищених вимогах до чистоти повітря – системи повітряного опалення; водяного опалення з радіаторами, панелями та гладкими трубами при $t_T = 150^\circ\text{C}$;

в) при виділенні негорючого пилу і аерозолів – системи повітряного опалення; водяного опалення з радіаторами при $t_T = 150^\circ\text{C}$, парового опалення при $t_T = 130^\circ\text{C}$; системи електричного та газового опалення при $t_{нов} = 150^\circ\text{C}$;

г) при виділенні горючого пилю й аерозолів – системи повітряного опалення; водяного опалення з радіаторами і гладкими трубами $t_T = 130^\circ\text{C}$; парового опалення при $t_T = 110^\circ\text{C}$;

д) при значних вологовиділеннях – системи повітряного опалення; водяного опалення з радіаторами і ребристими трубами при $t_T = 150^\circ\text{C}$; парового опалення при $t_T = 130^\circ\text{C}$; газового опалення при $t_{\text{нов}} = 150^\circ\text{C}$.

У виробничих приміщеннях з виділенням отруйних речовин, що переганяються, система опалення вибирається за спеціальними нормативними документами.

У всіх зазначених будівлях і приміщеннях, окрім виробничих приміщень категорій А, Б і В, можуть бути передбачені системи водяного опалення з вбудованими в зовнішні стіни, перекриття та підлоги нагрівальними елементами. Гранично допустима середня температура тепловіддаючої поверхні будівельних конструкцій при цьому наведена в п. 3 18 розділу СНІП 2.04.05 86.

В будівлях і приміщеннях зі **змінним тепловим режимом** протягом доби необхідно застосовувати такі системи опалення (з граничною температурою теплоносія t_T або тепловіддаючої поверхні $t_{\text{нов}}$):

1) у школах і інших учбових закладах, в будівлях управлінь, наукових і проектних установ, конструкторських бюро, в читальних залах, на підприємствах зв'язку і обслуговування населення, в адміністративно-побутових приміщеннях – системи водяного опалення з радіаторами та конвекторами при $t_T = 95^\circ\text{C}$ для двотрубних систем, 105°C для однотрубних систем (до 130°C для однотрубних кожухом систем при конвекторах з кожухом з ізоляцією труб, що мають температуру вище 105°C); системи повітряного опалення; електричного та газового опалення при $t_{\text{нов}} = 95^\circ\text{C}$;

2) у театрах, кінотеатрах, клубах, залах для глядачів, ресторанах - системи водяного опалення з радіаторами та конвекторами при $t_T = 115^\circ\text{C}$ (до 130°C для однотрубних систем при конвекторах з кожухом із ізоляцією труб, що мають температуру вище 115°C); повітряного опалення; електричного

опалення при $t_{нов} = 115^{\circ}\text{C}$. Системи водяного та електричного опалення повинні забезпечувати зниження тепловіддачі в приміщення за неробочого часу, системи повітряного опалення - роботу з рециркуляцією повітря для чергового опалення;

3) у магазинах, їдальнях (окрім ресторанів), кафе, буфетах і закусочних, у пральнях, в спортивних спорудах (окрім плавальних басейнів) - системи водяного опалення з радіаторами, конвекторами (окрім пралень) і гладкими трубами при $t_{нов} = 150^{\circ}\text{C}$; повітряного опалення; електричного і газового опалення (окрім пралень) при $t_{нов} = 150^{\circ}\text{C}$.

У неутеплених і напіввідкритих будівлях і приміщеннях магазинів і підприємств громадського харчування можна застосовувати електричне та газове опалення з високотемпературними (до 250°C) темними випромінювачами;

4) у виробничих приміщеннях категорій *A*, *Б*, *В*, *Г* і *Д* при роботі в одну або дві зміни потрібно застосовувати системи опалення, зазначені для аналогічних приміщень з постійним тепловим режимом. Системи водяного опалення повинні забезпечувати зниження тепловіддачі в приміщеннях у неробочий час. Системи повітряного опалення рекомендується облаштовувати центральними, сумісними з приточною вентиляцією основних крупних приміщень, з використанням їх для чергового опалення у неробочий час і місцевими з опалювальними агрегатами для чергового опалення за відсутності або неможливості використання центральних систем приточної вентиляції.

Для опалення складських приміщень і будівель приймають системи опалення як для виробничих приміщень з урахуванням протипожежних і санітарних вимог залежно від виду виробів і матеріалів, що зберігаються в ньому;

5) в окремих приміщеннях (окрім приміщень категорії *A* і *Б*) і на робочих місцях в неопалювальних будівлях або приміщеннях при зниженій температурі потрібно встановлювати системи газового електричного опалення, у тому числі високотемпературними (до 250°C) випромінювачами (в

приміщеннях категорії *B* при $t_{нов} \leq 110^{\circ}\text{C}$); системи повітряного опалення зі струменевою подачею нагрітого повітря.

У зазначених будівлях і приміщеннях (окрім клубних приміщень, ресторанів і виробничих приміщень категорій *A*, *B* і *B*) можуть використовуватися системи водяного опалення з вбудованими в зовнішні стіни, перекриття та підлоги нагрівальними елементами.

Чергове опалення передбачають у неробочий час або під час перерв у використаних приміщеннях, коли за умовами технології виробництва й експлуатації установок, приладів і комунікацій необхідно підтримувати температуру повітря вищою 0°C . *Чергового опалення* не передбачують при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для проектуванні опалення вище -5°C .

Біля дверей головних входів, воріт і зовнішніх технологічних отворів громадських (наприклад, для завантаження декорацій) і виробничих будівель застосовують опалювальні установки періодичної дії, що утворюють повітряно-теплові завіси у відкритих отворах. *Повітряно-теплові завіси* використовують при кондиціонуванні повітря, неможливості зниження температури або значних вологовиділеннях (плавальні басейни тощо) у приміщеннях.

Повітряно-теплові завіси облаштовують також біля зовнішніх воріт (за відсутності тамбурів або шлюзів), що відкриваються частіше 5 разів або не менше ніж на 40 хв у зміну, а також відкритих технологічних отворів при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для проектування опалення — 15°C і нижче. Їх проектують у входних дверей, через які (через один тамбур) протягом 1 години проходить 400 чол. і більше при розрахунковій температурі від -15 до -26°C і 100 чол. і більше при температурі нижче — 45°C . При розрахунковій температурі — 15°C і нижче повітряно-теплові завіси передбачають у тамбурах входів для відвідувачів на виробництві громадського харчування з кількістю місць у залах 100 і більшу, в магазинах з торговими залами загальною площею 150 м^2 і більше.

Пічне опалення дозволяється проектувати для будівель і споруд, наведених в додатку до розділу СНіП «Опалення, вентиляція і кондиціонування повітря», за відсутності централізованого теплопостачання. Пічне опалення не допускається в будівлях і приміщеннях категорій *A, B і B*, а також у житлових будівлях і управліннях вище за два поверхи (без урахування цокольного поверху).

Загальні рекомендації щодо вибору систем опалення. У системах опалення будівлі, споруди промислового майданчика або житлового району приймають єдиний вид теплоносія. Тиск теплоносія встановлюють відповідно до механічної міцності (допустимим робочим тиском) обраних опалювальних приладів, арматури й устаткування, залежно від розрахункової температури теплоносія.

У будівлях, що містять окремі приміщення (площею 5% і менш загальної площі опалювальних приміщень будівлі) іншого призначення (наприклад, пункт побутового обслуговування населення в житловому будинку), передбачають одну загальну систему опалення. Великі приміщення або комплекси приміщень спеціального призначення при основній будівлі (наприклад, побутові приміщення виробничої будівлі, магазин, прибудований до житлового будинку) обладнують окремими системами опалення.

Загальну систему опалення ділять на частини для обігріву приміщень, різно орієнтованих по сторонах горизонту, що мають різний технологічний режим, призначені для періодичного перебування і роботи людей.

Теплопроводи постійно діючої системи опалення прокладають в будівлі, починаючи від розподільного колектора, окремо від теплопроводів системи переривистого опалення та теплопроводів для періодично працюючих повітряних нагрівачів системи повітряного опалення та повітряно-теплових завіс.

У системах водяного та повітряного опалення застосовують, як правило, механічне спонукання циркуляції теплоносія (природну циркуляцію використовують при техніко-економічному обґрунтуванні). У системах парового опалення, переважно використовують насосне перекачування конденсату.

Висоту систем водяного та повітряного опалення обмежують виходячи з допустимого гідростатичного тиску в елементах систем водяного опалення або зниженням температури нагрітого повітря через одночасне охолодження у вертикальних каналах систем повітряного опалення.

§ 1.3. Особливості вибору системи опалення в будівлі із змінним тепловим режимом

Систему опалення будівлі для економії теплової енергії розділяють на дві частини: головну, що обслуговує основні приміщення з виробничими теплонадходженнями в робочий час, і другорядну для допоміжних приміщень (санітарних вузлів, сходових кліток, коридорів, складів і тощо) без теплонадходжень. Головна частина системи опалення може бути вибрана водяною (як і другорядна) або комбінованою – водоповітряною.

На головну частину системи опалення покладається задача шляхом непостійної теплоподачі протягом доби забезпечувати нормальну температуру основних робочих приміщень у робочий час, напалювати ці приміщення перед початком роботи і підтримувати мінімально допустиму температуру в неробочі години.

Зниження температури в неробочі години допустиме до 5°C у виробничих приміщеннях і до 10°C (при 40%-ній відносній вологості повітря, що має температуру 20°C до кінця робочого часу) у приміщеннях громадських будівель.

Водяну головну частину системи вибирають для роботи в двох режимах: звичайному (як для постійно діючої системи водяного опалення) і форсованому (для напалювання приміщень) зі збільшенням теплової потужності шляхом підвищення температури теплоносія.

Комбіновану головну частину системи опалення складають з постійно діючого *фонового* водяного опалення відносно малої теплової потужності для часткового обігріву, перш за все, кутових приміщень і на верхньому поверсі будівлі та періодично працюючого *догрівуючого* повітряного опалення, суміщеного з приточною вентиляцією основних приміщень у робочий час.

При проектуванні непостійного опалення виробничих і громадських будівель мається на увазі, що економія теплової енергії збільшується:

- а) при підвищенні теплозахисту зовнішніх захисних конструкцій;
- б) при зменшенні тепlostійкості обслуговуваних приміщень;
- в) при збільшенні теплової потужності головної частини системи (мінімально в 1,5 разу) порівняно з потужністю постійно діючої системи опалення.

Розділ II. ВЕНТИЛЯЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

§ 2.1. Способи організації повітрообміну приміщень

Для підтримання чистоти повітря, його руху в приміщенні, як головних нормативних параметрів мікроклімату використовується вентиляція.

Повітряне середовище в приміщенні, що відповідає санітарним нормам, забезпечується в результаті видалення забрудненого повітря з приміщення і подачі чистого зовнішнього повітря. Відповідно до цього системи вентиляції поділяють на витяжні і припливні.

За способом переміщення повітря, що видаляється з приміщень і подається в приміщення, розрізняють **вентиляцію природну** (неорганізовану і організовану) і **механічну (штучну)**.

Під неорганізованою природною вентиляцією розуміють повітрообмін в приміщеннях, що відбувається під впливом різниці тисків зовнішнього і внутрішнього повітря і дії вітру через нещільності конструкцій, що захищають, а також при відкритті кватирок, фрамуг і дверей. Повітрообмін, який відбувається також під впливом різниці тисків зовнішнього і внутрішнього повітря і дії вітру, але через спеціально улаштовані в зовнішніх обгороджуваннях фрамуги, міра відкриття яких з кожного боку будівлі регулюється, є вентиляцією природною, але організованою. Цей вид вентиляції називається аерацією.

Механічною або штучною вентиляцією називається спосіб подачі повітря в приміщення або видалення з нього за допомогою вентилятора. Такий спосіб повітрообміну є досконалішим, оскільки повітря, що подається в приміщення, може бути спеціальне підготовленим відносно його чистоти, температури і вологості.

Системи механічної вентиляції, які автоматично підтримують в приміщеннях метеорологічні умови на рівні заданих незалежно від параметрів зовнішнього повітряного середовища, що змінюються, називаються системами кондиціонування повітря (condition – умова).

За способом організації повітрообміну в приміщеннях вентиляція може бути загальнообмінною, місцевою (що локалізується), змішаною, аварійною і протидимною. За призначенням системи вентиляція поділяються на припливні і витяжні. Системи вентиляції, що видаляють забруднене повітря з приміщення, називаються витяжними. Системи вентиляції, що забезпечують подачу в приміщення зовнішнього повітря, що підігрівається в холодний період року, називається **припливними**. Витяжні системи вентиляції залежно від місця видалення шкідливих виділень, а припливні системи вентиляції залежно від місця подачі зовнішнього повітря поділяються на загальнообмінні, місцеві і змішані.

Загальнообмінна вентиляція передбачається для створення однакових умов повітряного середовища (температури, вологості, чистоти повітря і його рухливості) в усьому приміщенні, головним чином в робочій зоні ($H = 1,5-2\text{ м}$ від підлоги), коли будь-які шкідливі речовини поширюються по всьому об'єму приміщення або немає можливості уловити їх в місцях виділення. Загальнообмінна вентиляція може бути як припливною, так і витяжною, а частіше припливно-витяжною, яка забезпечує організований приплив і видалення повітря.

При місцевій витяжній вентиляції забруднене повітря видаляється прямо з місць його забруднення. Місцева припливна вентиляція застосовується в тих випадках, коли свіже повітря потрібне лише в певних місцях приміщення (на робочих місцях). Прикладом такої вентиляції може слугувати повітряний душ – струмінь повітря, спрямований безпосередньо на робоче місце.

Змішані системи, які застосовують головним чином у виробничих приміщеннях, є комбінаціями загальнообмінної вентиляції з місцевою.

Аварійні вентиляційні установки передбачають в приміщеннях, в яких можливе раптове несподіване виділення шкідливих речовин в кількостях, що значно перевищують допустимі. Ці установки включають тільки у випадку, якщо необхідно швидко удалити шкідливі виділення.

Протидимна вентиляція передбачається для забезпечення експлуатації людей з приміщень будівлі в початковій стадії пожежі.

Питання про те, яку з перерахованих систем вентиляції слід застосовувати, вирішується у кожному окремому випадку залежно від призначення приміщення, характеру шкідливих виділень, що виникають в ньому, і схеми руху повітряних потоків усередині будівлі.

У громадських будівлях (театрах, кіно, залах засідань, магазинах, спортзалах і т.п.), як правило, улаштовують загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію або систему кондиціонування повітря.

У приміщеннях, де потрібен незначний повітрообмін, організовують тільки одну витяжну вентиляцію. Кількість повітря, що видаляється, в цьому випадку заповнюється повітрям, що поступає в приміщення через нещільність в огорожуючих конструкціях, і при відкритті кватирок або фрамуг.

У житлових будинках улаштовують зазвичай тільки витяжну (природну, рідко - механічну) вентиляцію з кухонь і санвузлів. Приплив в житлові кімнати здійснюється через вікна, кватирки або спеціальні пристрої під вікнами.

§ 2.2. Схеми природної вентиляції

Канальними системами природної вентиляції називаються системи, в яких подача зовнішнього повітря або видалення забрудненого здійснюється по спеціальних каналах, передбачених в конструкціях будівлі, або приставним повітроводом. Повітря в цих системах переміщається внаслідок різниці тисків зовнішнього і внутрішнього повітря.

Витяжна природна канална вентиляція здійснюється переважно в житлових і громадських будівлях для приміщень, що не вимагають повітрообміну більше одноразового. У виробничих будівлях згідно СНіП 2.04.05-86 природну вентиляцію слід проектувати, якщо вона забезпечить нормовані умови повітряного середовища в приміщеннях і якщо вона допустима по технологічних вимогах.

Витяжна природна канална вентиляція (рис. 2.1) складається з вертикальних внутрістінних або приставних каналів з отворами, закритими жалюзійними ґратами, збірних горизонтальних повітроводов та витяжної шахти. Для посилення витяжки повітря з приміщень на шахті часто встановлюють спеціальну насадку - дефлектор. Забруднене повітря з приміщень поступає через жалюзійні ґрати в канал, піднімається вгору, досягаючи збірних повітроводов, і звідти виходить через шахту в атмосферу.

Витяжка з приміщень регулюється жалюзійними ґратами у витяжних отворах, а також дроссель-клапанами або засувками, що встановлюються в збірному повітроводі і в шахті.

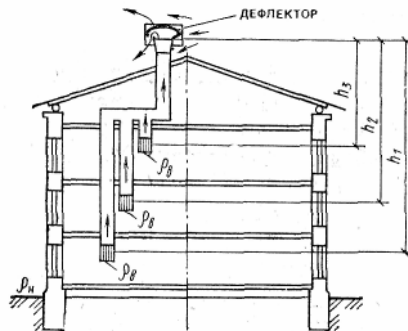


Рис. 2.1. Схема витяжної природної каналної вентиляції

Нині виготовляють спеціальні вентиляційні панелі або блоки з каналами круглого, прямокутного або овального перерізу. Найбільш раціональною формою перерізу каналу і повітровоу слід вважати круглу, оскільки в порівнянні з іншими формами вона при тій же площі має менший периметр, а отже, і меншу величину опору тертю.

У сучасних великопанельних будівлях вентиляційні канали виготовляють у вигляді спеціальних блоків або панелей з бетону, залізобетону і інших матеріалів. Вентиляційні блоки для будівель з числом поверхів до п'яти виготовляють з індивідуальними каналами для кожного поверху, а для будівель з числом поверхів п'ять і більше з метою скорочення площі, яку займають канали, виконують за схемою з перепуском через один

або декілька поверхів. Такі блоки мають збірний канал великого перерізу, до якого підключаються вертикальні канали з поверхів. Пристрій самостійних каналів з кожного приміщення забезпечує пожежну безпеку вентиляційних систем, звукоізоляцію і виконання санітарно-гігієнічних вимог.

Якщо в будівлях внутрішні стіни цегляні, то вентиляційні канали улаштовують в товщі стін або борознах, що закладаються плитами. Мінімально допустимий розмір вентиляційних каналів в цегляних стінах $1/2 \times 1/2$ цегли (140x140 мм). Товщина стінок каналу приймається не менше $1/2$ цегли. У зовнішніх стінах вентиляційні канали не улаштовують.

Якщо немає внутрішніх цегляних стін, улаштовують приставні повітроводи з блоків або плит; мінімальний розмір їх 100X150 мм. Приставні повітроводи в приміщеннях з нормальною вологістю повітря зазвичай виконують з гіпсошлакових і гіпсоволокнистих плит, а при підвищеній вологості повітря – зі шлакобетонних або бетонних плит завтовшки 35-40 мм. В окремих випадках доцільно виготовляти повітроводи з азбестоцементних плит, з листової сталі і з пластмаси. Приставні повітроводи улаштовують, як правило, у внутрішніх будівельних конструкцій: вони можуть розміщуватися біля перегородок або компонуватися з вбудованими шафами, колонами і т. д.

Якщо приставні повітроводи з будь-якої причини розміщуються біля зовнішньої стіни, то між стіною і повітроводом обов'язково залишають зазор не менше 5 см або роблять утеплення, щоб запобігти охолодженню повітря, який переміщується по повітроводу, і зниженню у зв'язку з цим діючого тиску. Крім того, у повітроводах, розташованих у зовнішніх стін, може конденсуватися волога з повітря, що видаляється.

Повітроводи, що прокладаються на горищах або в неопалювальних приміщеннях, виконують з подвійних гіпсошлакових або шлакобетонних плит завтовшки 40-50 мм з повітряним прошарком 40 мм або з багатопустотних гіпсошлакових або шлакобетонних плит завтовшки 100 мм.

Витяжні шахти систем вентиляції житлових будівель рекомендується улаштовувати з відособленими і об'єднаними каналами. Шахти з

відособленими каналами можуть бути виконані з бетонних блоків з утеплювачем фібролітом з потовщеними стінками з шлакобетону, керамзитобетону або іншого малотеплопровідного і вологостійкого матеріалу, а також каркасними з ефективним утеплювачем.

Згідно з правилами пожежної профілактики в житлових, громадських і допоміжних виробничих будівлях заввишки до п'яти поверхів забороняється приєднувати до одного витяжного каналу приміщення, розташовані в різних поверхах будівлі. У будівлях же з числом поверхів більше п'яти допускається об'єднання окремих витяжних каналів з кожних чотирьох-п'яти поверхів в один збірний магістральний канал.

§ 2.3. Короткі дані про аерацію будинків

Аерацією будівель називається організований і керований природний повітрообмін через фрамуги у вікнах, що відкриваються, і вентиляційно-світлові ліхтарі з використанням теплового і вітрового тисків.

Аерація широко застосовується у виробничих будівлях з великими теплонадлишками і дозволяє здійснювати повітрообміни, що досягають мільйонів кубічних метрів в 1 г.

Гравітаційний тиск, в результаті якого повітря поступає в приміщення і виходить з нього, утворюється за рахунок різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря, регулюється різною мірою відкриття фрамуг і ліхтарів.

Для ефективного використання природної вентиляції в промислових будівлях та дотримання нормативних параметрів мікроклімату приведемо основні найбільш важливі рекомендації архітектурно-планувального та конструктивного характеру.

1. У багатопролітних цехах як приплив, так і витяжку повітря доцільно здійснювати переважно через фрамуги ліхтарів, що відкриваються, в однопролітних цехах – приплив через отвори в зовнішніх стінах, а витяжку - через ліхтарі. Для регулювання подачі і виходу повітря фрамуги, що

відкриваються, і стулки ліхтаря забезпечуються спеціальними механізмами, керованими з підлоги.

2. При проектуванні багатопролітних виробничих будівель необхідно враховувати кількість і характер шкідливих речовин, що виділяються в кожному прольоті, і у зв'язку з цим приймати рішення про профіль даху, форму ліхтаря, взаємне розташуванні їх та висоті прольотів. При невдалому рішенні цих питань не можна застосовувати аерацію, оскільки повітря на даху перегріте і виявляється сильно забрудненим газами і пилом.

3. Отвори в будівлях зі значними теплонадлишками і виділеннями шкідливих газів слід розташовувати по периметру будівель так, щоб вони прилягали до зовнішньої стіни найбільшої протяжності.

4. Для забезпечення достатнього припливу чистого повітря найкращим планувальним рішенням є конструкція цехів з відкритими подовжніми зовнішніми стінами, тобто без прибудов. Побутові приміщення у багатьох випадках доцільно розміщувати в торцях будівлі.

5. Велике значення при аерації цеху має його висота. Для цехів з великими тепловиділеннями висота їх має бути не менше 10 м

6. У будівлях, де аерація здійснюється в літню та зимову пору року, для подачі зовнішнього повітря зимою припливні отвори мають бути розміщені на висоті не менше 4 м від підлоги. При низьких зовнішніх температурах частину об'єму вентиляційного повітря рекомендується вводити в приміщення вентилятором з підігріванням його до 10-12 °С.

У цехах невеликої висоти подача непідігрітого повітря допускається на відмітці нижче 4 м, але за умови усунення безпосередньої дії холодного повітря на тих, що працюють, наприклад за допомогою козирків, що направляють повітря вгору.

7. При аерації повітря з цехів повинне віддалятися через ліхтарі, що не задуваються, а також через шахти круглого і квадратного перерізів, забезпечених дефлекторами.

§ 2.4. Класифікація вентиляторів і їх застосування

Вентиляційні системи комплектуються різноманітним обладнанням:

1) вентилятор (радіальні, осьові, покрівельні); вентиляційні агрегати (вентилятор е електродвигуном на одному валу або пов'язаний з електродвигуном трансмісією, з різними регулюючими пристроями, віброізолюючими прокладками, встановленими в корпусі. Наприклад, агрегати вентиляторів центральних кондиціонерів, каналні вентилятори, повітряно-теплові завіси, приточні вентиляційні установки, установки кондиціонування повітря).

2) повітрянагрівачі, повітроохолоджувачі, фільтри для очищення повітря, різноманітне мережеве устаткування.

Вентилятори відносяться до класу повітропродувних лопатевих машин і призначені для переміщення повітря та інших газів при підвищенні тиску до 12 кПа.

За напрямом потоку повітря (газу) вентилятори поділяються на радіальні (відцентрові), осьові та покрівельні (мають спеціальну конструкцію для установки на крівлі будівлі), які можуть бути радіальними й осьовими.

Радіальний вентилятор складається з трьох основних елементів: робочого колеса, спірального корпусу та приводу.

Повітря входить в робоче колесо, відхиляється в ньому на 90° у радіальному напрямі та за рахунок відцентрових сил поступає до равлика спірального корпусу, переміщується по ньому і через отвір виходить з вентилятора. Робоче колесо вентилятора виготовляється з лопатками повернутими вперед (у бік обертання), або з лопатками, повернутими назад.

Випускають вентилятори одностороннього та двостороннього всмоктування.

За напрямом обертання робочого колеса розрізняють вентилятори правого та лівого обертання. Якщо дивитися зі сторони всмоктування, у вентилятора правого обертання робоче колесо обертається за годинниковою стрілкою, а у вентиляторів лівого обертання проти годинникової стрілки.

У вентиляторів двостороннього всмоктування напрям обертання

визначається зі сторони, протилежного приводу.

Радіальні вентилятори мають різні положення корпусу (по ГОСТ 5976-90), (рис. 2.2).

Радіальні вентилятори мають ККД до 80%.

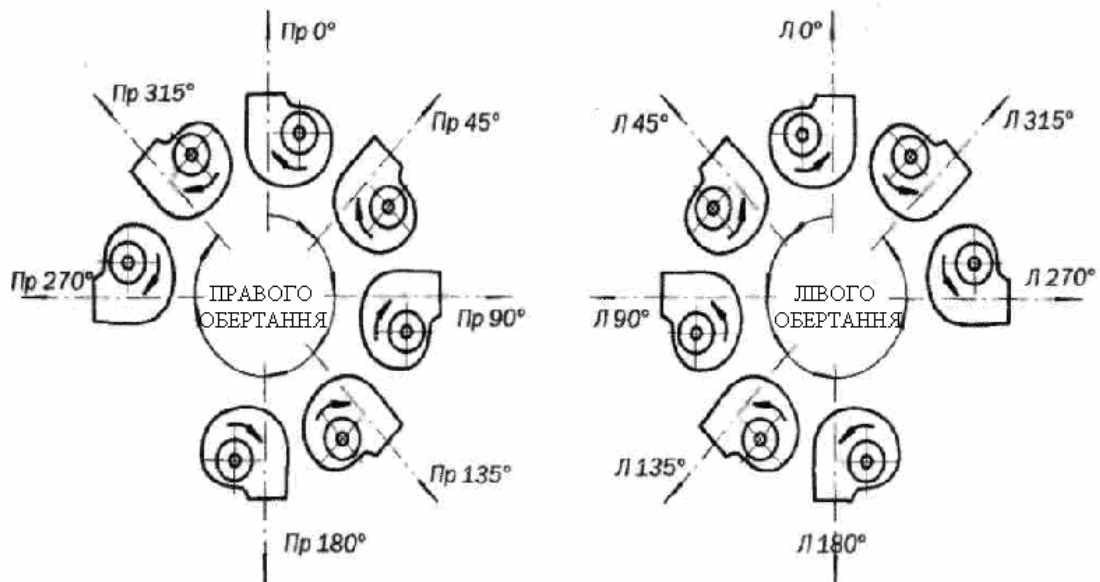


Рис.2.2. Положення корпусу радіального вентилятора правого та лівого обертання.

Осьовий вентилятор складається з трьох основних вузлів: робочого колеса з лопатками пропелерного типу, циліндрового корпусу та приводу.

Повітря проходить через корпус і робоче колесо уздовж осі обертання.

Визначення напрямку обертання в осьових вентиляторах проводиться за таким же принципом, як і у радіальних.

Порівняно з радіальними осьовими вентиляторами розвивають менший тиск (до 1 кПа), але дозволяють досягти великих величин подачі і ККД при менших габаритах і масі.

Покрівельний радіатор застосовується для витяжної вентиляції: бувають загального та спеціального призначення. Спеціальні покрівельні вентилятори застосовуються для димовидалення.

Незалежно від типу покрівельного вентилятора (радіального або осьового) його вісь обертання розташована вертикально та всмоктуване

повітря рухається по вертикалі вгору.

Позначення вентиляторів. Розмір вентилятора характеризується його номером – зовнішнім діаметром робочого колеса, виміряним в дециметрах.

Тип вентилятора визначається величинами безрозмірних коефіцієнтів продуктивності φ і повного тиску ψ у номінальному режимі. Для характеристики типу вентилятора використовують також критерій швидкохідності h_y .

Вентилятор радіальний

Позначення типу радіального вентилятора (ГОСТ 5976-90) складається з:

1. Букви „В” – вентилятор;
2. Букви „Р” або „Ц” – радіальний або відцентровий;
3. Стократної величини коефіцієнта повного тиску ψ у режимі максимального ККД, заокругленого до цілого числа;
4. Величина швидкохідності h_y у режимі максимального ККД, заокругленого до цілого числа;
5. Номера вентилятора (числа, відповідно зовнішньому вентилятору робочого колеса D, дм).

Наприклад: ВР–86–77–6,3 – позначення вентилятора радіального з коефіцієнтом повного тиску $\psi=0,86$ та швидкохідністю $h_y=76,5$, № 6,3 ($D=630$ мм).

Вентилятор осьовий

Позначення типу осьового вентилятора (ГОСТ 5976-90) складається з:

1. Букви „В” – вентилятор;
2. Букви „О” – осьовий;
3. Стократної величини коефіцієнта повного тиску ψ у режимі максимального ККД, заокругленого до цілого числа;
4. Швидкохідності h_y у режимі максимального ККД, заокругленого до цілого числа;
5. Номера вентилятора (числа, відповідно зовнішньому вентилятору робочого колеса D, дм).

Наприклад: ВО–14–320–6,3 – позначення осьового вентилятора з

коефіцієнтом повного тиску $\psi=0,14$ та швидкохідністю $h_y=320$, № 6,3 ($D=630$ мм).

Вентилятор покрівельний

Позначення типу покрівельного вентилятора (ГОСТ 24814-81) складається з:

1. Букви „В” – вентилятор;
2. Букви „К” – покрівельний;
3. Букви „Р” – радіальний;
4. Букви „М” – позначення фірми-виробника;
5. Номери вентилятора (числа, відповідно до зовнішнього діаметру робочого колеса D , дм).

Область використання вентиляторів та матеріали для виготовлення приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Призначення і область застосування вентиляторів

Призначення	Матеріал	Область застосування
Спільного призначення	Вуглецева сталь	Для переміщення повітря, а також різноманітних газів і сумішей, агресивність яких по відношенню до вуглецевої сталі не вище агресивності повітря з температурою до 80°C і концентрацією пилу інших твердих домішок не більше 100 мг/м^3 , при відсутності в повітрі липких волокнистих речовин, які можуть засмітити вентилятор. Для вентиляторів двостороннього всмоктування з розміщеною клиноремінною передачею в рухливому середовищі. Температура середовища не повинна перевищувати 60°C , густина рухомого середовища $1,2 \text{ кг/м}^3$
Спільного призначення: жаростійкі (з обдувом електродвигуна)	Вуглецева сталь	Теж саме, але з температурою до 200°C
Спеціального призначення: пиловидні пиловидні вибухонебезпечні пиловидні корозійностійкі вибухонебезпечні	Вуглецева сталь	Для переміщення безпечних неабразивних пило газоповітряних сумішей, агресивність яких щодо вуглецевої сталі не вища агресивності повітря з температурою до 80°C , з вмістом механічних домішок до 1 кг/м^3 без липких і волокнистих матеріалів

Призначення	Матеріал	Область застосування
Корозійностійкі	Нержавіюча сталь, пластмаса	Для переміщення повітря і газових середовищ підвищеної вологості, забруднених хімічними компонентами, з температурою до 80°C, з запиленістю не більше 100 мг/м ³ , що не містить липких і волокнистих матеріалів
Корозійні жаростійкі	Нержавіюча сталь	Теж саме, але з температурою до 200°C
Іскрозахисні, комплектуються вибухозахищеними електродвигунами	Нержавіюча сталь, латунь, алюміній	Для переміщення газо пароповітряних вибухонебезпечних сумішей 1,2 та 3-ї категорії, груп Т1,Т2,Т3 за класифікацією ПУЕ, яке не викликає прискорення корозії матеріалів, приточної частини вентилятора, не містить вибухових речовин, вибухонебезпечної пилу, із запиленістю не більше 10 мг/м ³ , що не містить липких і волокнистих матеріалів
Іскрозахисні, корозійностійкі, комплектуються вибухозахищеними електродвигунами	Вуглецева сталь, латунь	Теж саме, плюс область застосування корозійностійких вентиляторів

§ 2.5. Гігієнічні основи вентиляції

Атмосферне повітря є сумішшю декількох газів і парів води. Приземний шар атмосферного повітря, що безпосередньо оточує біосферу і використовується в системах вентиляції, має такий газовий склад (за об'ємом %): азот – 78,1, кисень – 20,9, вуглекислий газ – 0,03. У невеликій кількості (близько 0,95%) у повітрі присутні інертні гази: аргон (0,93%), неон, гелій, криптон.

Повітря сучасних міст забруднене пилом, парами та газами, що містяться у викидах промислових підприємств, а також вихлопними газами від автомобілів. До числа основних характеристик повітряного середовища, що впливають на самопочуття, працездатність і здоров'я людини, відносяться: хімічний склад повітря (вміст в ньому кисню, вуглекислоти й інших газів і парів); метеорологічні умови (температура, вологість, рухливість повітря, барометричний тиск); біологічні характеристики (вміст пилу, наявність у повітрі приміщення мікроорганізмів).

Завданням вентиляції приміщень є підтримка в них сприятливого для людини стану повітряного середовища відповідно до нормованих характеристик.

Хімічний склад повітря приміщень залежить від тривалості перебування в них людей, роботи технологічного обладнання, що виділяє газ. Гранично допустимий вміст (концентрація) різних шкідливих газів і парів (ГДК), встановлений дослідженнями, наводиться в ГОСТ 12.1.005 — 76.

При диханні людина поглинає з повітря кисень і виділяє вуглекислий газ. У результаті повітряне середовище втрачає кисень, збагачується CO_2 . І те і інше для людини шкідливо, особливо при великих концентраціях CO_2 (вище 3 – 4 % за об'ємом).

Гранично допустимою концентрацією CO_2 вважають до 0,1 – 0,2% (0,001–0,002 мг/м^3), оскільки одночасно з CO_2 повітря забруднюється іншими газами і парами. Для дитячих і лікарняних приміщень ГДК CO_2 , наприклад, приймають рівній 0,0007 мг/м^3 , для житлових — 0,001 мг/м^3 , адміністративних, учбових (з періодичним перебуванням людей) — 0,00125 мг/м^3 . Забруднення радіоактивними речовинами подібні хімічним забрудненням, але більш токсичні, тому являють особливу небезпеку для організму.

Нормування метеорологічних умов в приміщеннях тісно пов'язано з теплообміном між людським організмом і навколишнім середовищем, тим, що відбувається за рахунок теплопровідності, конвекції, випромінювання, а також в результаті випаровування вологи з шкірних покривів і при видиханні. За першими трьома каналами відбувається обмін явною теплотою, в останньому випадку разом з вологою повітря отримує приховану теплоту.

На конвективну тепловіддачу людини значно впливає рухливість повітря. З її збільшенням від 0,1 до 0,6 м/с тепловіддача зростає удвічі. З підвищенням температури повітря знижується його відносна вологість. Збільшується вологовиділення людиною, зростає віддача прихованої теплоти. При випаровуванні 1 г вологи людина втрачає 0,2 кДж/год (0,056 Вт).

Інтенсивність теплообміну людини з навколишнім середовищем визначається сукупністю всіх метеорологічних чинників: температурою, відносною вологістю, швидкістю руху повітря. Одному і тому ж відчуттю тепла або холоду можуть відповідати різні комбінації їх значень.

Нормування метеорологічних параметрів повітря в закритих приміщеннях проводиться на основі узагальнення дослідних даних про теплове відчуття людей, залежне від питомої кількості тепло надлишків у приміщеннях, часу року, характеру діяльності та тривалості перебування в них людей, а також від інших чинників.

Розрізняють оптимальні та допустимі метеоумови. Оптимальні – це умови, що є найбільш сприятливими для життєдіяльності людини, які не викликають неприємні відчуття, допустимі – умови, які не викликають патологічні зміни в організмі навіть при тривалому перебуванні людини в приміщенні. Нормативні метеорологічні параметри повітряного середовища в приміщеннях різного призначення наведені в СНіП П-33–75 і ГОСТ 12.1.005–76. Допустима кількість пилу в повітрі приміщень нормується залежно від складу і розмірів частинок пилу. Дуже небезпечний для організму людини пил, що містить двоокис кремнію (SiO_2), окис свинцю тощо. Найдрібніші частинки свинцевого пилу, що попадають в організм, викликають хронічне отруєння. Чим дрібніший пил і найгостріше її форма, тим вона небезпечніша, оскільки може глибоко проникати в дихальні шляхи. Види пилу їх концентрації вибухонебезпечні (допустимі концентрації пилу вказані в ГОСТ 12.1.005–76).

Важливим показником санітарного стану повітря в приміщеннях є кількість мікроорганізмів, що знаходяться, в ньому, число яких збільшується при забрудненні повітря пилом. Повітря вважається забрудненим, якщо в 1м^3 знаходиться більше 4,5 тис. мікроорганізмів. Необхідні параметри повітряного середовища в приміщеннях підтримуються системами опалювання, вентиляції та кондиціонування.

§ 2.6. Способи підтримки необхідного стану повітряного середовища в приміщеннях і класифікація вентиляційних систем

Вибір способу підтримки необхідних параметрів повітряного середовища в приміщеннях визначається багатьма чинниками: призначенням

приміщень, режимом роботи, кількістю та розташуванням робочих місць, устаткуванням тощо. При цьому повинні максимально враховуватися експлуатаційні і економічні вимоги.

Залежно від вибраного способу, що визначає принцип дії систем та їхнє конструктивне оформлення, розрізняють вентиляцію загальнообмінну, місцеву і локалізовану.

При *загальнообмінній* вентиляції відбувається розбавлення шкідливих речовин у всьому об'ємі приміщення за рахунок надходження свіжого повітря, яке, проходячи по приміщенню, розчиняє шкідливі речовини і потім викидає їх назовні. Кількість вентиляційного повітря (повітрообмін), що подається, розраховується на розбавлення виділених шкідливих речовин до допустимих на робочих місцях концентрацій.

Основним показником для вибору цього способу є розташування місць знаходження людей і можливих джерел виділення шкідливих речовин по всій або по значній площі приміщення. Недолік способу – неоднаковість санітарно-гігієнічних умов повітряного середовища в різних місцях приміщень, а також можливість їхнього неприпустимого погіршення поблизу джерел виділення шкідливих речовин або місць витягу повітря з приміщень. Це необхідно враховувати і за можливістю усувати відповідним розташуванням і призначенням необхідної кількості пристроїв для подачі і витягу вентиляційного повітря.

У житлових і громадських будівлях використовується загальнообмінна вентиляція. В приміщеннях, де виділення теплоти та вологи зумовлює природний підйом повітря, витяг зазвичай здійснюють з верхньої зони. Припливне повітря доцільно подавати так, щоб воно доходило до людей чистішим і свіжішим, не порушуючи комфортні умови.

На рис. 2.3 показано напрям руху повітря при різних схемах вентиляції. Застосування схеми вентиляції «зверху вверху» (приток і витяг організовують у верхній зоні) доцільне для приміщень з тепловиділеннями, де припливне повітря можна вигідно подавати з більш низькою температурою. Схема

«зверху вниз» доцільна при місцевому витягу в тепловиділяюче устаткування і при виділенні пилю; схема «знизу вверх» – у випадку, коли виділяються легкі газові та пилові шкідливі речовини або приплив подається з температурою вище t_g (повітряне опалення).

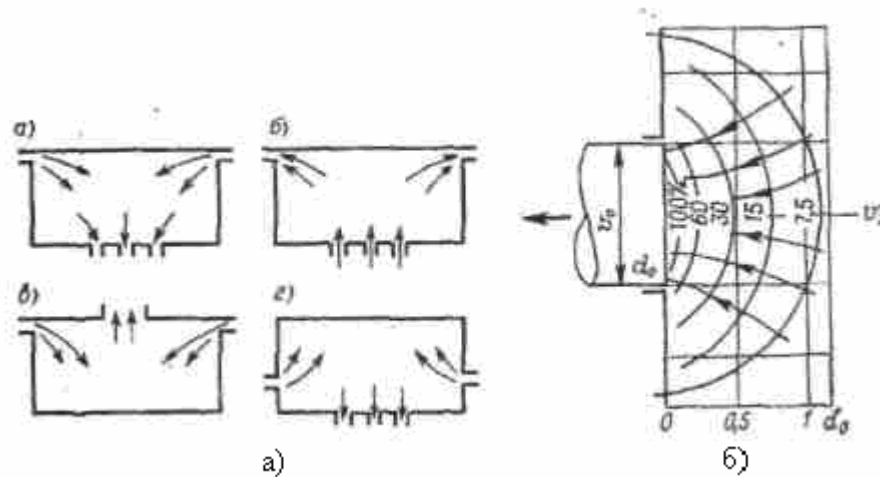


Рис. 2.3. Схема організації повітрообміну в приміщеннях : а) «зверху вниз»; б) «знизу вверх»; в) «зверху вверх»; г) „знизу вниз”.

З гігієнічної точки зору найдоцільніше здійснювати подачу припливного повітря в нижню зону приміщення з невеликою швидкістю (до 0,3 м/с через значне число отворів). За такої схеми потрібний більший підігрів забираного зовні припливного повітря, чим при подачі у верхню зону. В останньому випадку припливне повітря доходить до людей підігрітим висхідними потоками, але одночасно і забрудненим вуглекислотою, водяними парами тощо.

Встановлено, що зменшення швидкості повітря по мірі видалення від всмоктуючих отворів відбувається швидко. Падіння ж швидкості припливного факела йде поволі. Поле швидкостей припливного факела змінюється відповідно по мірі віддалення від отвору, але ефект гальмування струменя досягається не відразу. Ці властивості потрібно враховувати при проектуванні припливних і витяжних пристроїв.

Розподіл припливного повітря в приміщенні визначається швидкістю,

напрямом і температурою витікання повітря із отворів; формою, розташуванням і кількістю останніх; наявністю в приміщенні теплових струменів від устаткування і потоків у витяжних отворів або з сусідніх приміщень тощо. Розрізняють струмені вільні й обмежені (будівельними конструкціями), настилаючі (направлені уздовж огорожувальної поверхні), затоплені (у вентильованому об'ємі), ізотермічні та неізотермічні. За формою поперечного перерізу, залежно від форми припливного отвору (насадка), струмені діляться на-круглі або_асиметричні, які іноді називають компактними, плоскі і віялові (або радіальні). Майже всі вентиляційні припливні струмені є турбулентними.

Системи загальнообмінної вентиляції, що забезпечують найповнішу обробку (до потрібних параметрів) вентиляційного припливного повітря й автоматичну підтримку в приміщеннях заданого стану повітряного середовища, отримали назву систем кондиціонування повітря (СКП). Звичайно СКП облаштовуються в приміщеннях з великою кількістю людей задля створення комфортних умов повітряного середовища, а також за вимогами технології виробництва.

Системи локалізуючої вентиляції забезпечують уловлювання шкідливих речовин в місцях їхнього виділення і видалення назовні через місцеві відсмоктування. При цьому уникають розповсюдження шкідливих речовин по приміщенню. Локалізуюча вентиляція широко застосовується на промислових підприємствах.

Як місцеві відсмоктування в системах локалізуючої вентиляції застосовують витяжні шафи (рис. 2.4б), зонти, особливо раціональні при сходженні нагрітих струменів (рис. 2.4а). У випадках, коли за технологічними вимогами джерело шкідливих речовин не можна сховати (ванни тощо), облаштовують бортові відсмоктувачі зі значною швидкістю всмоктування на краю ванни (рис. 2.4г), ванни-передувки, що знижують об'єм відсмоктування, але які вимагають організації приток (рис. 2.4д). При нерівномірному виділенні значних об'ємів шкідливих речовин доцільне застосування ємних ширм (рис. 2.4в).

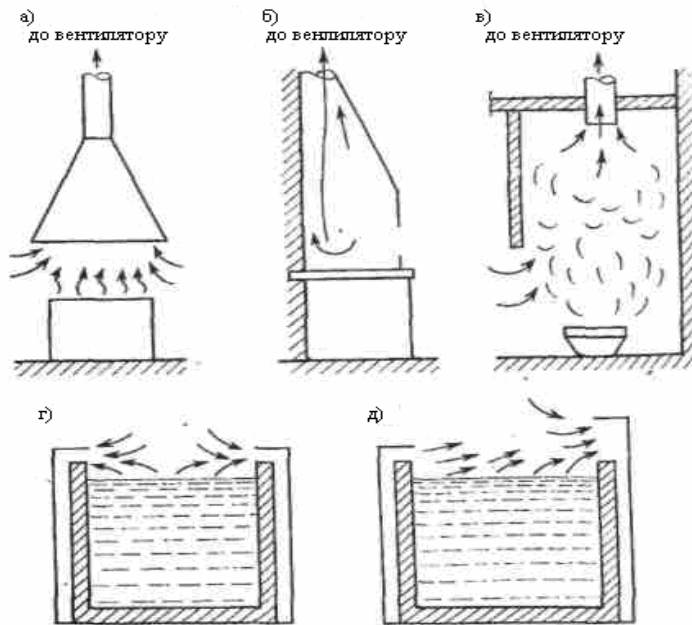


Рис. 2.4. Місцеві відсмоктувачі

Для підтримки необхідних умов повітряного середовища лише на робочих місцях застосовуються системи *місцевої* вентиляції; повітряний душ, повітряний оазис.

Повітряний душ (рис. 2.5) – це струмінь повітря з потрібними параметрами, що накриває робоче місце. Він ефективний при дії на людей променистої теплоти, наприклад, від печей, розжареного металу тощо. Ефект повітряного душу залежить від правильності призначення відповідних швидкостей і температури повітря в струмені.

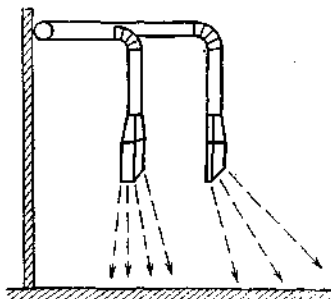


Рис.2.5. Повітряний душ

Повітряний оазис – це частина приміщення, в якому за рахунок місцевої притоки свіжого повітря забезпечуються сприятливі параметри повітряного середовища за наявності несприятливих умов в іншій частині приміщення.

Різновидом місцевих систем є також повітряні завіси на входах у приміщення для запобігання проникнення в них холодного зовнішнього повітря.

За джерелом енергії, що використовується, для переміщення повітря системи можуть бути з природними (природна вентиляція) і штучними (системи механічної вентиляції) джерелами спонукання руху повітря.

Гравітаційні системи найчастіше застосовуються як системи природної вентиляції. Вони ґрунтуються на використанні зовнішнього та внутрішнього повітря різної густини.

Перевага гравітаційних систем полягає у простоті добудови й економічності в експлуатації. Проте у зв'язку з невеликим тиском, радіус дії таких систем невеликий. До гравітаційних систем відносяться аерація, гравітаційні каналні системи.

При аерації повітря поступає в приміщення і видаляється з нього через отвори в зовнішніх огорожуваних приміщеннях –вікна, ліхтарі, фрамуги. У гравітаційних каналних системах зовнішнє вентиляційне повітря поступає через отвір в огорожувальних приміщеннях або через шахти в канали, що встановленні зазвичай в стінах приміщень, а згодом по них транспортується в приміщення. Видалення повітря з приміщення також відбувається по каналах.

За організацією повітрообміну в приміщеннях вентиляційні системи поділяються на припливні та витяжні. Перші нагнітають чисте повітря в приміщення другі видаляють забруднене повітря в атмосферу. Іноді обладнують одну систему, наприклад, лише витяжну – в курильній, санвузлі або лише припливне – в кабіні кранівника в цеху з хімічними шкідливими речовинами. Частіше облаштовуються обидві системи, тобто припливно-витяжна вентиляція.

Механічна вентиляція облаштовується в тих випадках, коли неможливо застосувати аерацію за наявності газів, парів і інших шкідливих речовин у зовнішньому повітрі, тобто за необхідності його обробки, у разі відсутності

аераційних отворів або неможливості установки витяжних шахт; при значних місцевих виділеннях отруйних, вибухонебезпечних речовин; наявності всередині будівлі великої кількості перегородок тощо. Часто облаштовують змішані системи: для теплого періоду – аерацію, для холодного – штучну (з механічним спонуканням) вентиляцію, припливний і природний витяг через шахти або ліхтарі. При незначних виділеннях шкідливих речовин раціонально застосовувати зосереджену горизонтальну подачу повітря зі значною швидкістю (зали для глядачів, ангари тощо). При цьому економія металу складає приблизно 80% порівняно з пристроями розгалуженої припливної системи.

§ 2.7. Монтаж радіальних вентиляторів

Радіальні вентилятори до № 12, як правило, постачаються на об'єкт у зібраному вигляді, вентилятори вище № 12 можуть постачатися у розібраному вигляді – окремими великими вузлами.

До початку монтажу необхідно:

- а) провести огляд вентилятора й електродвигуна, звірити їхні характеристики з проектними даними;
- б) перевірити опір ізоляційної обмотки електродвигуна і за необхідності просушити її (перевірку та сушку електродвигуна виконують електромонтажники);
- в) вивірити та прийняти фундамент або місце установки (площадку, кронштейни) під монтаж, обов'язково перевіривши відповідність проекту розмірів і прив'язки основи до будівельних конструктивних елементів будівлі.

Послідовність виконання монтажних робіт:

- 1) встановлюють рами віброоснови на дерев'яні бруси висотою, більшої висоти віброізоляторів;
- 2) розташовують віброізолятори під рамою;
- 3) кріплять лебідки і блоки (при монтажі лебідками);

- 4) строплять вентилятор або окремі його частини, піднімають і переміщують по горизонталі до місця установки;
- 5) встановлюють (або збирають) вентилятор на раму віброоснови;
- 6) тимчасово закріплюють вентилятор до рами;
- 7) вмонтовують електродвигун на санчата, прикріплюючи до рами;
- 8) піднявши установку вентилятора, видаляють тимчасові підставки (дерев'яні бруси);
- 9) опускають установку вентилятора на віброізолятори;
- 10) відрегулювавши віброізолятори, остаточно закріплюють вентилятор і віброізолятори до рами;
- 11) на шків натягують ремені; вивіривши установку електродвигуна, його остаточно закріплюють на санчатах;
- 12) встановлюють обгороджування ременів;
- 13) перевіряють роботу вентилятора після підключення електроенергії.

При підйомі агрегатів вентиляторів з центром тягаря, розташованим вище монтажних отворів (скоб), строповку потрібно проводити чотирма стропами. При підйомі радіальних вентиляторів на одному валу з електродвигуном можна строповати одним стропом, уточнюючи положення центру тяжіння пробним підвішуванням.

При монтажі радіальних вентиляторів на пружинних віброізолюючих підставках їх заздалегідь комплектують на рамі з віброізоляторами і в зібраному вигляді на болтах встановлюють на підлозі або перекритті, причому підставка під віброізолятори повинна бути горизонтальна і рівна. Кріпити віброізолятори, як правило, не потрібно в окремих випадках, наприклад, для фіксації положення віброізоляторів при установці на металоконструкції, необхідно закріпити їх болтами через прилад для фіксації положення виброізоляторів при установці на металоконструкції, необхідно закріпити їх болтами через наявні в нижній плиті отвори, встановивши під них гумові шайби.

При агрегації необхідно враховувати, що віброізолятори повинні розміщуватися в плані симетрично відповідно центру тягаря всієї установки

(з можливим найменшим відхиленням). Якщо в комплектуванні установки (електродвигуном, санчатами, шківом) є відступи від рекомендацій каталога, отвори в рамі підставки під опору санчат і для кріплення віброізоляторів сверлити по місцю після пробної збірки.

Строповка агрегату вентилятора на віброізолюючій основі показана на рис. 2.6. Строповка агрегату вентилятора або його окремих вузлів показана на рис. 2.7.

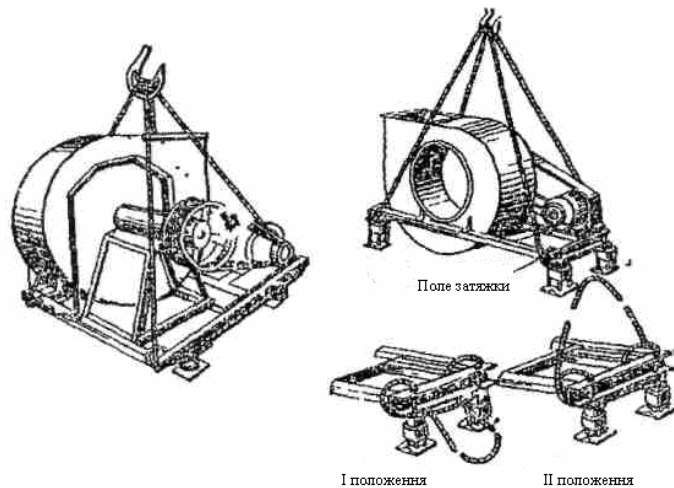


Рис.2.6. Строповка вентиляторного агрегату

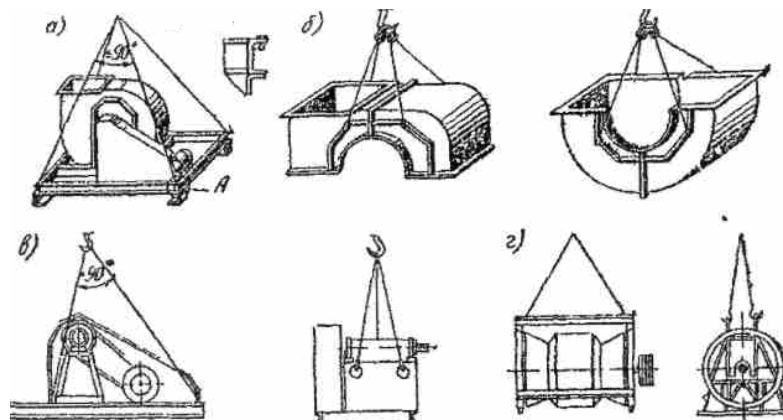


Рис. 2.7. Строповка окремих вузлів вентиляторного агрегата

кондиціонера:

а – вентиляторних агрегатів КТ-30 та КТ-40; *б* – кожуха вентиляторних агрегатів КТ-60 та КТ-120; *в* – вузол приводу аентиляторних агрегатів КТ-60 та КТ-120; *г* – вузол валу вентиляторних агрегатів КТ-160 та КТ-250.

Правильність збірки та установки вентилятора перевіряється перед остаточною закріпленням:

1) збалансоване робоче колесо вентилятора при вільному його прокручуванні зупиняється в будь-якому положенні (заздалегідь нанесені крейдою позначки на турбіні і дифузори не співпадають); за наявності дебаланса колесо при зупинці займає певне положення (позначки співпадають);

2) зазор між задньою стіною кожуха та робочим колесом вентилятора повинен складати 4% діаметра колеса, а між колесом і дифузором – відповідно 1% (табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

Припустимі зазори між робочим колесом і кожухом вентилятора

№ вентилятора	Зазор, мм	
	між стінкою кожуха та робочим колесом	між робочим колесом і дифузором
2,5	10	2,5
3,2	12,8	3,2
4	16	4
5	20	5
6,3	25,2	6,3
7	28	7
8	32	8
10	40	10
12	48	12
16	61	16
20	80	20

§ 2.8. Монтаж осьових вентиляторів

Монтаж осьових вентиляторів може виконуватися автокраном, однією або двома лебідками. При установці вентилятора в повітропроводі, фланці вентилятора сполучають болтами з фланцями повітропровода, обов'язково закріплюючи вентилятор до будівельних конструкцій (перекриття, стіни, колон тощо). У повітропроводі, розташованому зі сторони електродвигуна вентилятора, встановлюють люк, який необхідний для підключення електродвигуна до електромережі та проведення профілактичного огляду.

При установці вентилятора в стінному отворі його закріплюють болтами до заставної металевої рами, що обрамляє отвір.

Послідовність виконання монтажних робіт:

- 1) встановлюють опори з подальшим вивірянням (за рівнем) і закладають їх цементним розчином;
- 2) встановлюють зібраний вентилятор у проектне положення;
- 3) перевіряють зазор між обичайкою і робочим колесом;
- 4) закріплюють опорні болти;
- 5) перевіряють обертання робочого колеса.

Після підключення електроенергії перевіряють роботу вентилятора.

§ 2.9. Монтаж вентиляторів на даху

Для установки вентиляторів на даху будівельники готують основу у вигляді спеціальної посиленої залізобетонної плити зі стаканом і заставними деталями (анкерні болти, труби $D=25$ мм для кріплення піддону болтами) або виконують з металу відповідно до проекту.

Для установки вентиляторів типу КЦЗ-90 застосовують залізобетонні стакани діаметром 700 мм з квадратним зовнішнім контуром, у верхній частині яких передбачений круглий борт висотою 60 мм. Місця приєднання стаканів до покриття закладають будівельники, щоб уникнути попадання вологи по периметру стакана на нього встановлюють спеціальний козирок. До опорного стакана вентилятори кріплять за допомогою восьми застав анкерних болтів, обов'язково намотуючи по дві гайки на кожний болт. Між вентилятором і стаканом встановлюють гумову прокладку.

Перед установкою вентилятора необхідно:

- а) перевірити розміри отворів у покрівлі і прив'язку їх до будівельних конструкцій, звірити з проектними даними;
- б) перевірити діаметр і висоту стаканів і їх відповідність встановлених анкерних болтів в стакані (як заставних деталей) кроку та діаметру кріпильних отворів вентилятора.

в) оглянути вентилятор і електродвигун при виявленні механічних пошкоджень їх необхідно усунути; звірити характеристики вентилятора та електродвигуна з проектними даними;

г) перевірити опір ізоляції обмотки електродвигуна і за необхідності просушити її (перевірку та сушку ізоляції електродвигуна виконують електромонтажники);

д) відрегулювати зазор між вхідним патрубком і робочим колесом відцентрових вентиляторів, при цьому радіальний та осьовий зазори не повинні перевищувати значення, вказані в паспорті, відповідно відрегулювати зазор між робочим колесом і обичайкою у осьових вентиляторів;

е) очистити вентилятор від змазки, нанесеної задля консервування від пилу й інших забруднень (особливо робоче колесо);

ж) до всмоктуючого патрубка відцентрового вентилятора КЦЗ-90 приєднати само відкриваючий клапан або першу ланку повітропровода у разі приєднання до вентилятора мережі повітропроводів (відповідно до проекту); повітропроводи закріпити до будівельних конструкцій, для того, щоб їхня маса не передавалася на вентилятор; при монтажі вентиляторів типу КЦ4-84-в перша ланка повітропровода приєднується до стакану на анкерні болти до установки вентилятора на стакан;

з) встановити піддон, прикріпивши його до стакану чотирма болтами, пропущеними через заставні трубки в стінах стакану.

Послідовність робочих операцій при монтажі вентиляторів на даху:

1) застропити вентилятор інвентарними стропами за передбаченими для них провусинами. При монтажі вентиляторів на віброізолюючій основі необхідно жорстко закріпити віброізолюючу частину за допомогою стопорних болтів і втулок розпорів, передбачених в конструкції вентилятора;

2) встановити вентилятор на стакан з токовою прокладкою, пропустивши анкерні болти через кріпильні отвори вентилятора та вивірити за горизонтальним рівнем;

3) встановити козирьок, пропустивши через отвори в ньому анкерні

болти стакана;

4) накрутити на кожний болт по дві гайки (гайку та контргайку); під гайку поставити шайбу.

Після монтажу вентиляторів необхідно:

а) перевірити легкість ходу клапана, що само відкривається, відрегулювати його роботу переміщенням противаги. Легкість ходу клапана відрегулювати опорним болтом осі клапана. Клапан повинен відкриватися повітряним потоком при вімкненні вентилятора і закриватися під дією маси противаги при вимкненні;

б) у вентиляторів на віброізолюючих підставках звільнити віброізолюючу частину, для чого вивернути стопорні болти та видалити втулки розпорів, що фіксують віброізолюючу частину при транспортуванні та такелажі;

в) перевірити можливість вільного руху віброізолюючої частини вентилятора на пружинах і кріплення пружин віброізоляторів.

Перед пуском вентилятора необхідно:

а) перевірити наявність змаски в підшипниках електродвигуна. Для волого- та морозостійких підшипників електродвигунів застосовується змащування ЦІАТИМ-203 (по ГОСТ 8773—73), електродвигунів основного виконання — змазка 1-13 (за ГОСТ 1631—61);

б) у вентиляторів КД4-84-В перевірити наявність змазки в підшипниках вузла приводу робочого колеса. Для цих підшипників використовується змазка 1-13 (за ГОСТ 1631—61) або інша консистентна змазка, що не містить вільних кислот. Відрегулювати натягнення приводних клинових ременів і перевірити паралельність валів вентилятора й електродвигуна;

в) перевірити від руки легкість обертання валів вентилятора і електродвигуна і напрям обертання робочого колеса згідно вказівки стрілки на кожусі вентилятора. Якщо обертання колеса не відповідає вказівці стрілки, то потрібно змінити напрям обертання валу електродвигуна перемиканням фаз;

г) у зимовий період у цехах з великим вологовиділенням перед пуском вентилятора необхідно перевірити, чи немає намерзання криги на робочому колесі; при виявленні обмерзання його слід усунути;

д) у вентиляторів на віброізолюючих підставках потрібно перевірити стан гнучкої вставки, яка повинна бути еластичною. У разі обмерзання гнучкої вставки кригу необхідно усунути.

Розділ III. ВОДОПОСТАЧАННЯ

§ 3.1. Системи та схеми водопостачання

Системою водопостачання називають комплекс інженерних споруд, машин і апаратів, які призначені для добування води з природних джерел, поліпшення її якості, зберігання, транспортування та подачі споживачам. Вона складається з водоприймальних, водопідйомних, очисних, водонапірних і регулюючих споруд, магістральних водоводів і розподільних мереж і засобів автоматизації.

Системи водопостачання поділяють за такими ознаками: функціональним призначенням (господарськопитні, виробничі та протипожежні); сферою обслуговування (об'єднані та роздільні); за видом об'єктів (міські, селищні, промислові тощо); за територіальним охопленням водоспоживачів (місцеві, централізовані, групові); тривалістю дії (тимчасові та постійні); типом природного джерела (з використанням підземних або поверхневих вод); способом підйому води (гравітаційні та з механічною подачею води).

Господарсько-питні системи водопостачання подають воду для пиття, приготування їжі та проведення санітарно-гігієнічних процедур. Вода в цій системі повинна бути питної якості. Виробничі водопроводи подають воду на технологічні цілі. Протипожежні системи водопостачання призначені для подачі води під час гасіння пожежі.

Згідно зі СНІП 2.04.02-84 централізовані системи водопостачання за надійністю забезпечення водою поділяються на три категорії. Системи господарсько-питного водопроводу населених пунктів з кількістю жителів до 5 тис. чоловік належать до III категорії. Для них допускається зниження подачі води не більше ніж на 30% на 15 діб і менше, а також перерва в подачі води на час ремонту не більше ніж на 24 години. При кількості жителів від 5 до 50 тис. чоловік передбачається II категорія, для якої перерва в подачі води може бути до 6 годин, а зниження подачі не перевищує 10 діб. Населені

пункти з кількістю жителів понад 50 тис. чоловік належать до 1 категорії, для яких зниження подачі води — не більше 3 діб, перерва — не більше 10 хв.

Взаємне розташування окремих елементів і споруд у кожній конкретній системі водопостачання називають схемою водопостачання. Вибір складу споруд залежить від природного джерела водопостачання та якості води; категорії водоспоживачів, кількості та якості води та рельєфу місцевості.

Схема водопостачання з відкритих джерел (рис. 3.1), як правило, має найбільшу будівельну вартість і досить складна в експлуатації, оскільки вимагає наявності водоочисних та інших споруд. За цією схемою вода з відкритої водойми надходить до водозабірних споруд, з яких насосами станції першого підняття подається на очисні споруди. На водоочисній станції поліпшується якість води, після чого вона подається в резервуар чистої води (РЧВ), звідки насосами станції другого підняття водоводами подається до водопровідної мережі водоспоживачам.

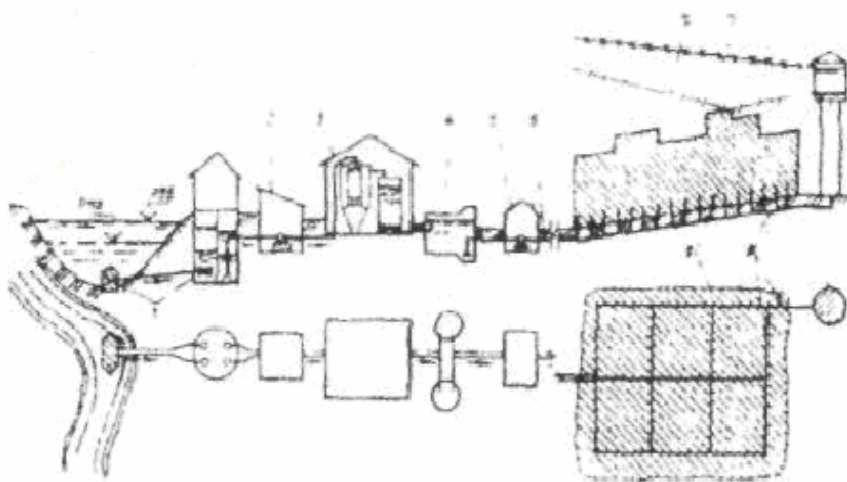


Рис. 3.1. Схема водопостачання з поверхневих водних джерел (річки):

1 — річковий водозабір; 2 — насосна станція та підняття; 3 — водоочисна станція; 4 — резервуар чистої води; 5 — насосна станція II підняття; 6 — водовід; 7 — водонапірна башта; 8 — водопровідна мережа; 9 — об'єкт водопостачання; 10 — п'єзометрична лінія в мережі в годину максимальною водоспоживання; 11 — те ж саме в годину максимального транзиту води в башту.

Для водопостачання найчастіше використовують підземні води, які мають порівняно з поверхневими менший вміст різних домішок, у тому числі і радіоактивних, а також простіший склад водопровідних споруд. Якщо якість підземних вод (наприклад, підвищений вміст домішок заліза) не задовольняє вимоги споживачів, застосовують схему з очищенням води (рис. 3.2), а якщо підземні води за своїми фізико-хімічними та санітарними показниками задовольняють вимоги щодо питної води, то застосовують найпростішу схему водопостачання (рис. 3.3).

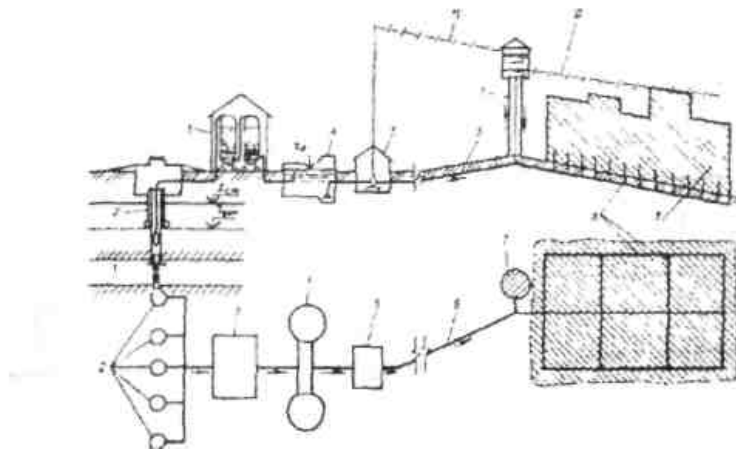


Рис. 3.2. Схема водопостачання з очищенням підземних вод:

1 — водоносний пласт; 2 — свердловина; 3 — водоочисна станція; 4 — резервуар чистої води; 5 — насосна станція II підняття; 6 — водовід; 7 — водонапірна башта; 8 — водопровідні мережа; 9 — об'єкт водопостачання; 10 — п'єзометрична лінія в мережі в годину максимального водоспоживання; 11 — те ж саме у водоводі.

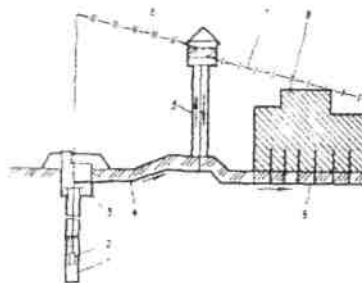


Рис. 3.3. Схема водопостачання зі свердловини:

1 — водозабірна свердловина; 2 — електронасос; 3 — оголовок над свердловиною; 4 — водовід; 5 — водонапірна башта; 6 — п'єзометрична лінія у водоводі в годину максимального водоспоживання; 7 — те ж саме у мережі; 8 — об'єкт водопостачання; 9 — водопровідна мережа.

Населені пункти, розташовані біля підніжжя гір, можуть мати джерело води, яке знаходиться вище за них. У цьому випадку передбачають самопливну систему водопостачання з/або без станції очищення води.

Промислові підприємства відрізняються різноманітністю технологічних процесів, споживають воду різної якості і вимагають різних напорів у мережах окремих цехів. Системи водопостачання промислових підприємств досить складні. Якщо підприємство знаходиться на території населеного пункту і споживає незначну кількість води непитної якості, доцільно подавати воду на підприємство з міських мереж. Якщо споживається значна кількість води непитної якості. Доцільно облаштовувати окремі системи технічного водопостачання: прямооточні (рис. 3.4, а), в яких воду після одноразового використання скидають в каналізацію; з повторним використанням води (рис. 3.4, б), де вода використовується послідовно в кількох технологічних операціях; оборотні (рис. 3.4, в), в яких воду після використання для технічних потреб очищають або охолоджують, потім використовують на тому ж об'єкті в тих же технологічних операціях. Вибір схеми технічного водопостачання слід вирішувати за техніко-економічними розрахунками.

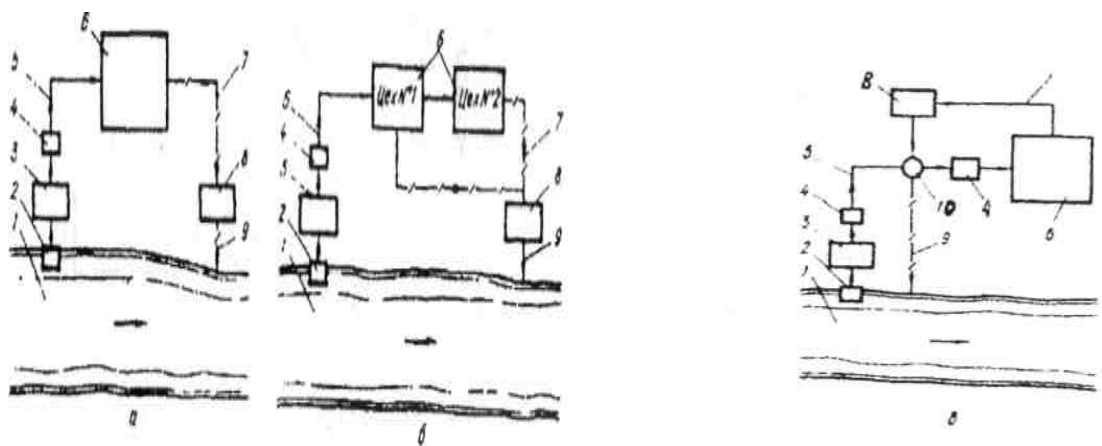


Рис. 3.4. Схеми технічного водопостачання:

1 — річка; 2 — водозабір; 3 — очисні споруди; 4 — насосна станція; 5 — технічна вода; 6 — підприємство; 7 — стічна вода; 8 — станція очищення; 9 — скидання води в річку; 10 — розподільча камера

§ 3.2. Питоме водоспоживання

Нормою водоспоживання називають кількість води, що витрачається на певні потреби за одиницю часу або на одиницю продукції, що виробляється. В населених пунктах норми господарсько-питного водоспоживання призначають на підставі вивчення фактичного об'єму та режиму водоспоживання в аналогічних умовах або, якщо це неможливо, то за СНП 2.04.02-84.

Середньодобові норми господарсько-питного водоспоживання в населених пунктах на одного жителя (за рік) при забудові будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом та каналізацією, такі: без ванн — 125-160 л/добу; з ваннами і місцевими водонагрівачами — 160-230 л/добу; з централізованим гарячим водопостачанням — 230-350 л/добу. В населених пунктах, де водокористування здійснюється за допомогою водорозбірних колонок, питомі витрати дорівнюють 30-50 л/добу. Потреби місцевої промисловості та непередбачені витрати враховуються збільшенням питомих витрат води на 5-10 %.

Так, наприклад, на молочних заводах на переробку 1 т молока необхідно 7,5-12 м³ води, на хлібозаводах — 1,8-4,8 м³ води на 1 т хліба, на м'ясокомбінатах — 10-40 м³ води на 1 т продукції, на цукрозаводах — 18-25 м³ води на 1 т цукру, на плодоовочевих консервних заводах — 8-28 м³ води на 1 тис. банок, на цегельних заводах — 1,3-1,8 м³ води на 1 тис. штук цеглин. Крім виробничих на промислових підприємствах потрібно враховувати витрати води на господарсько-питні потреби та витрати води на душ. Господарсько-питні потреби води визначають за нормою: 45 л за зміну на одну людину в цехах з тепловиділенням більше 23,2 Вт/м³; 25 л — в інших цехах. Витрати обраховують у кінці робочої зміни з розрахунку 500 л/год на одну душову сітку протягом 45 хв.

Витрати води на зовнішнє гасіння пожежі в населеному пункті та розрахункова кількість пожеж наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Витрати води на зовнішнє гасіння пожеж у населеному пункті

Кількість мешканців у населеному пункті, тис.чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрати води на зовнішнє гасіння пожеже, л/с, при забудові будинками	
		до двох поверхів	три поверхи і більше
До 1	1	5	10
1—5	1	10	10
5 — 10	1	10	15
10 — 25	2	10	15
25 — 50	2	20	25
50 — 100	2	25	35
100—1000	3	—	40-100

§ 3.3. Режим водоспоживання, визначення розрахункових витрат води та необхідних напорів

Режим господарсько-питного водоспоживання протягом доби, місяця, року в населеному пункті не буває рівномірним і залежить від багатьох факторів (режиму життя та трудової діяльності людини, пори року, місцевих умов тощо). Звичайно припускають, що протягом року коливання водоспоживання буває за літнім і зимовим графіками. В розрахунках ці коливання оцінюють коефіцієнтом добової нерівномірності: найбільшим $K_{\text{доб. max}} = 1,3$; найменшим $K_{\text{доб min}} = 0,7$

Протягом доби погодинні витрати мають значне коливання, яке враховується коефіцієнтом погодинної нерівномірності:

$$\text{найбільшим} \quad K_{r \max} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max};$$

$$\text{найменшим} \quad K_{r \min} = \alpha_{\min} \cdot \beta_{\min}.$$

де $\alpha = 1,2 - 1,4$; $\alpha_{\min} = 0,4 - 0,6$; — коефіцієнти, які враховують ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови (СНІП 2.04.02-84), β — коефіцієнт, який враховує чисельність мешканців у населеному пункті (табл. 3.2).

Залежно від значення K приймають типовий графік розподілу добових витрат за годинами доби.

Таблиця 3.2

Значення коефіцієнта β

Коефі- цієнт	Чисельність мешканців, тис. чол.										
	до 0,1	0,2	0,5	1,0	4	10	20	50	100	300	1000 і більше
$\beta_{\max}$	4,5	3,5	2,5	2	1,5	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{\min}$	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

Для промислових підприємств погодинні витрати води на технологічні потреби приймають рівномірними за годинами доби протягом зміни або за вимогами технологів, але на господарсько-питні потреби розподіл добових або змінних витрат води виконують згідно з додатком 6. Витрати води на душові розподіляють пропорційно до добових витрат після кожної зміни на підприємствах.

Протягом години в розрахунках передбачається рівномірне водоспоживання. Година, на яку припадає найбільше значення погодинної витрати води всього населеного пункту, є годиною найбільшого водоспоживання, а витрати води кожного споживача за цю годину приймаються як розрахункові.

Розрахункові (середні за рік) добові витрати води, $\text{м}^3/\text{добу}$, на господарсько-питні потреби населення визначають за формулою:

$$Q_{\text{доб.т}} = \frac{q_{\text{ж}} \cdot N_{\text{ж}}}{1000}$$

де $q_{\text{ж}}$ — питомі витрати води, л/доб чол., $N_{\text{ж}}$ — розрахункова чисельність мешканців, чол.

Розрахункові витрати за добу найбільшого і найменшого господарсько-питного водоспоживання дорівнюють:

$$Q_{\text{доб. max}}^{\text{н}} = K_{\text{доб. max}} \cdot Q_{\text{доб.т}}^{\text{н}};$$

$$Q_{\text{доб. min}}^{\text{н}} = K_{\text{доб. min}} \cdot Q_{\text{доб.т}}^{\text{н}};$$

де $K_{\text{доб. max}} = 1,3$ і $K_{\text{доб. min}} = 0,7$ — коефіцієнти добової нерівномірності.

Розрахункові (середні за рік) добові витрати води, $\text{м}^3/\text{добу}$, на полив:

$$Q_{\text{доб.т}}^{\text{пол}} = 10 g_{\text{ж.пол.}} \cdot F_1$$

де $g_{\text{ж.п.}}$ – питомі витрати води, м^3 , на один полив, F_1 – площа поливу, га.

Розрахункові (середні за рік) добові витрати води на промислові потреби, $\text{м}^3/\text{добу}$, дорівнюють:

$$Q_{\text{доб.т}}^{\text{пол}} = 10 g_{\text{ж.пол.}} \cdot N_2;$$

де $g_{\text{ж.п.}}$ – питомі витрати води, м^3 , на одиницю продукції, N_2 – кількість продукції, що випускається.

У розрахунках систем водопостачання, як правило, визначають спочатку погодинні витрати води для кожної категорії водоспоживачів, а потім підсумовують ці значення, тобто визначають погодинне водоспоживання всього населеного пункту. Погодинні витрати води споживачем, $\text{м}^3/\text{год}$, дорівнюють:

$$q_r = \frac{a}{100} \cdot Q_{\text{доб.мак}}$$

де a – розподіл добових витрат; $Q_{\text{доб.мак}}$ – для конкретної години, %.

Максимальне погодинне водопостачання одного типу споживача, $\text{м}^3/\text{год}$, можна визначити як:

$$q_{r.\text{мак}} = K_{r.\text{мак}} \cdot Q_{\text{доб.мак}}$$

Максимальне погодинне водоспоживання у населеному пункті визначають за графіком водоспоживання.

Найбільші секундні витрати, л/с:

$$q^{\text{tot}} = \frac{q_{\text{hr.мак}}}{3,6},$$

де $q_{\text{hr.мак}}$ – найбільші годинні витрати води, $\text{м}^3/\text{год}$, для всього населеного пункту або окремого водоспоживача.

У водопровідній мережі має бути тиск, який забезпечить підйом і виливання води у найвищій водорозбірній точці. Тобто необхідний вільний напір (м) у мережі

$$H_b = h_r + \sum h_w + h_p,$$

де h_r – геометрична висота підйому води від поверхні землі до найбільш високорозташованої точки, м; $\sum h_w$ – витрати напору від точки підключення водопровідної мережі до водозбірної арматури, м; h_p – робочий напір на виливання з водорозбірної арматури, м, який визначається за СніП 2.04.02 – 85.

Відповідно до СніП 2.04.02 – 84 у зовнішній водопровідній мережі має бути забезпечений необхідний вільний напір

$$H_b^H = 10 + 4(n - 1),$$

де n – кількість поверхів у будинку.

Для окремих багатопверхових будинків, розташованих серед малоповерхових, або будинків, розташованих у підвищених місцях, можливо передбачити місцеві насосні установки для підвищення напору. Вільний напір біля водорозбірної колонки має бути не меншим за 10 м. Вільні напори у зовнішній мережі виробничого водопроводу визначають за технічними даними залежно від прийнятого устаткування.

Вільний напір у господарсько-питному водопроводі біля споживачів не повинен перевищувати 60 м.

Вільний напір у водопровідній мережі під час гасіння пожежі залежить від системи пожежегасіння, що прийнята. Є системи високого та низького тиску. В системі високого тиску пожежу гасять безпосередньо з мережі за допомогою пожежних рукавів, які під'єднуються до пожежних гідрантів.

Вільний напір у мережі водопроводу високого тиску повинен бути достатнім для того, щоб подати воду у найвищу точку будинку, що горить. Пожежними рукавами довжиною 120 мі забезпечити виліт зі ствола (брандспойта) компактного струменя на висоту 10 м.

У системі пожежегасіння низького тиску вода з гідрантів водопровідної мережі забирається насосами пожежних машин і подається рукавами до місця пожежі з тим же напором, що і у випадку використання систем високого тиску. У водопровідній мережі у випадку пожежі підтримується відносно невеликий вільний напір, рівний 10 м.

§ 3.4. Джерела водопостачання

Якість води оцінюють за її складом та властивостями, після чого визначається її придатність для тих чи інших цілей. Особливо жорсткі вимоги висувають до води, яка використовується для господарсько-питних потреб споживачів виробничих, житлових і громадських будинків. Ця вода повинна відповідати вимогам ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая". Нормування концентрацій тих чи інших речовин зумовлене необхідністю забезпечення сприятливих органолептичних властивостей питної води, нешкідливості її хімічного складу і безпеки води щодо санітарії. Невідповідність хоча б одного з цих нормативів вимогам ГОСТ 2874-82 дає підставу для визнання непридатності води для питних цілей. Для всіх нормованих речовин визначена лімітуюча ознака шкідливості — органолептична або санітарно-токсикологічна. Наприклад, залізо у воді навіть у великих концентраціях (більше 0,3 мг/л) не справляє токсичної дії на організм людини, але надає воді жовто-коричневого кольору, погіршує її смак, викликає розвиток залізобактерій та відкладання осаду в трубопроводах. Лімітуючою ознакою шкідливості для сполук заліза є органолептична. Те саме стосується марганцю. Навпаки, такі хімічні речовини, як сполуки стронцію, нітрати, не змінюючи органолептичних властивостей води, є токсичними для людини. Наприклад, стронцій з концентраціями понад 7 мг/л пригнічує активність багатьох ферментів. У той же час гіркий присмак у воді з'являється лише при концентраціях стронцію більше 12 мг/л. Для таких сполук лімітуючою ознакою шкідливості є санітарно-токсикологічна.

Вміст у воді більше 500 мг/л сульфатів або 350 мг/л хлоридів надає воді солоного присмаку та призводить до порушення роботи та захворювання шлунку у людей. Ця вода має підвищену корозійну активність, вищу некарбонатну жорсткість, руйнівно діє на залізобетонні конструкції.

Суттєво впливають на здоров'я людини фтор, йод, бром, бор тощо. Так, нестача або надлишок фтору в питній воді спричиняють руйнування зубів і зміни в скелеті, нестача або відсутність йоду призводить до захворювання

людей ендемічним зобом тощо. Отруйну дію на організм людини та теплокровних тварин справляють солі важких металів і радіоактивні елементи.

Катіони кальцію та магнію зумовлюють жорсткість води. Хоча вони не завдають особливої шкоди організму, однак їх присутність у воді у великій кількості небажана тому, бо така вода малопридатна для господарських потреб. У жорсткій воді збільшуються витрати пральних засобів та мила під час прання білизни, повільно розварюється м'ясо та овочі. Жорстка вода непридатна для систем зворотного та гарячого водопостачання, для живлення парових котлів та використання в багатьох галузях промисловості. Не шкідлива для здоров'я і кремнієва кислота, однак її підвищений вміст у воді робить таку воду не придатною для живлення парових котлів через утворення силікатного накипу.

Санітарно безпечною для пиття є вода, в якій загальний вміст бактерій в 1мл не перевищує 100, а кількість бактерій групи кишкової палички в 1 л води (колі – індекс) не більше 3.

За органолептичними показниками питна вода повинна мати каламутність не вищу за 1,5 мг/л; кольоровість не вище 20 градусів платино-кобальтової шкали; запах і присмак не вище 2 балів. Питна вода не повинна мати на поверхні плівки і містити в собі водні організми, які можливо вирізнити неозброєним оком. Допустимий вміст хімічних речовин мг/л, що впливають на органолептичні показники: сухий залишок — 1000; хлориди — 350; сульфати — 500; марганець — 0,1; мідь — 1,0; цинк — 5,0 поліфосфати — 3,5; залізо — 0,3; алюміній — 0,5.

Загальна жорсткість питної води має бути не більше 7 мгЧекв/л, водневий показник рН — 6,0-9,0. Для водопроводів, які подають воду без спеціальної обробки, за згодою санітарно-епідеміологічної служби допускається загальна жорсткість 10 мгЧекв/л, сухий залишок 1500мг/л, вміст заліза до 1,0 мг/л, марганцю до 0,5 мг/л.

Безпечний хімічний склад води забезпечується при концентрації токсичних хімічних речовин не більше, мг/л: берилій — 0,0002; молібден —

0,25; миш'як — 0,05; нітрати — 45; поліакриламід — 2,0; свинець — 0,03; селен — 0,01; стронцій — 7,0; фтор — 1,5 (для I і II кліматичного районів), 1,2 (III), 0,7 (IV); уран — 1,7.

Вміст радію повинен бути не більше $1,2 \cdot 10^{-10}$ Ки/л; стронцію -до $4,0 \cdot 10^{-10}$ Ки/л. Вимоги до якості води на промислових підприємствах залежать від характеру виробництва та можуть бути досить різноманітні. Перш за все звертають увагу на взаємодію води з трубопроводами, обладнанням, сировиною та продукцією виробництва.

§ 3.5. Джерела водопостачання

Джерело водопостачання повинне забезпечувати необхідну кількість води з урахуванням збільшення водоспоживання на перспективу, безперебійно постачати воду, яка вимагає мінімальних витрат на її очищення та подачу споживачу. Розрізняють поверхневі та підземні джерела водопостачання.

Поверхневі джерела водопостачання (річки, озера, канали, водосховища) характеризуються значними змінами якості води в окремі сезони року. Якість води річок, озер, водосховищ значно залежить від інтенсивності атмосферних опадів, танення снігу, сільськогосподарської та виробничої діяльності людини в зоні водозабору.

Річкова вода має значну каламутність, особливо в період весняних повеней і злив, багата органічними домішками та містить велику кількість мікроорганізмів. Вміст солей і жорсткість води, як правило, незначні. Води озер і водосховищ характеризуються меншою каламутністю, але можуть мати значну забарвленість внаслідок розвитку водоростей і планктону. Якість води поверхневих джерел, як правило, не відповідає вимогам Держстандартів, тому її потрібно відповідно очищати та знезаражувати.

Підземні води за умовами залягання поділяють на ґрунтові безнапірні та напірні міжпластові (артезіанські). Природні виходи на поверхню землі ґрунтових вод утворюють так звані джерельні води. До підземних вод також

належать інфільтраційні води, які є поверхневими водами, що фільтруються через дно та береги річок чи водоймищ і дренуються з пласта водоприймальною спорудою.

Підземні води (грунтові, артезіанські, джерельні) переважно не містять нерозчинних домішок, не мають кольору, відрізняються високою прозорістю і їх досить часто можна використовувати без очищення для господарсько-питних потреб. Порівняно з поверхневими підземні води більш мінералізовані і, як правило, мають вищий вміст заліза.

При виборі джерела водопостачання за санітарною надійністю перевагу слід віддавати (в такій послідовності) використанню артезіанських, ґрунтових, підруслових вод річок, а також поверхневих вод річок, озер, водосховищ. У всіх випадках необхідно проводити техніко-економічні розрахунки та обґрунтування.

На всіх джерелах водопостачання та водопровідних спорудах господарсько-питного призначення для забезпечення санітарно-епідеміологічної надійності систем централізованого та місцевого водопостачання населених пунктів встановлюють зони санітарної охорони відповідно до вимог СНП 2.04.02-84.

Зона санітарної охорони поверхневих джерел водопостачання в точці забору води складається з трьох поясів. Перший пояс — зона суворого режиму. До нього входять джерело водопостачання та водопровідні споруди для забору, очищення та зберігання води. Межі першого пояса санітарної охорони річки повинні бути: вверх проти течії — не менше 200 м від водозабору; вниз за течією — не менше 100 м від водозабору. Для водосховищ (озеро, водосховище) межі першого поясу мають бути не менше 100 м у всіх напрямках.

Територію першого поясу зони санітарної охорони джерела водопостачання, ділянок водопровідних споруд огорожують, упорядковують і озеленюють. Планування даної території має забезпечити відведення поверхневого стоку за межі зони. На території першого поясу

забороняються всі види будівництва (крім водопровідних), проживання людей, випуск стоків, купання, напування та випас худоби. Забороняється використовувати територію під городні ділянки, прати білизну, ловити рибу, застосовувати для рослин отрутохімікати, органічні та мінеральні добрива. Ця територія повинна охоронятися від доступу сторонніх осіб.

Другий та третій пояс санітарної охорони — зона обмеження. На цій території не допускається випускати стоки та виконувати роботи, які можуть призвести до зменшення кількості або погіршення якості води у джерелі водопостачання. Розміри другого поясу встановлюються з розрахунку, щоб дотікання води від межі до водозабору було не раніше ніж за 5 діб при середньомісячних витратах води 95%-ної забезпеченості. Вниз за течією води повинно бути не менше 250 м. Третій пояс має такі ж самі розміри, що й другий.

Підземні джерела водопостачання також повинні мати три пояси зони санітарної охорони. Межі першого поясу зони санітарної охорони (суворого режиму) встановлюють залежно від ступеня захищеності водоносних горизонтів від забруднень з поверхні землі та гідрогеологічних умов на визначеній відстані від водозабору: для надійно захищених горизонтів — не менше 30 м; для недостатньо захищених горизонтів — не менше 50 м.

Межі другого поясу встановлюються з розрахунку, що при мікробному забрудненні води час пересування води від межі до водозабору повинен бути 100-400 діб. Третій пояс враховує хімічні забруднення джерела водопостачання. Тривалість часу пересування хімічних забруднень повинна бути такою ж, як і тривалість експлуатації водозабору, але не менше 25 років.

§ 3.6. Водозабірні споруди для прийому води з поверхневих джерел

Для забору води з поверхневих джерел застосовують в основному руслові або берегові водозабірні споруди, які відрізняються розташуванням місць прийому води відносно берега. На річках невеликої глибини з похилими берегами влаштовують руслові водозабори, які складаються з водоприймача (оголовок), самопливних або сифонних трубопроводів,

берегового колодязя (рис. 3.5).

Водоприймальні отвори в оголовках розташовують на висоті 0,5-1,5 м від дна і захищають решітками від попадання сміття, плаваючих предметів, риби тощо. Самопливні лінії, які з'єднують оголовки і береговий колодязь, проектують для надійності у вигляді двох незалежних труб. Береговий колодязь обладнують приймальними сітками з розмірами вічок від 2х2 до 5х5 мм. Проціджування води через решітки та сітки забезпечує її попереднє грубе очищення і запобігає пошкодженню насосів та іншого обладнання.

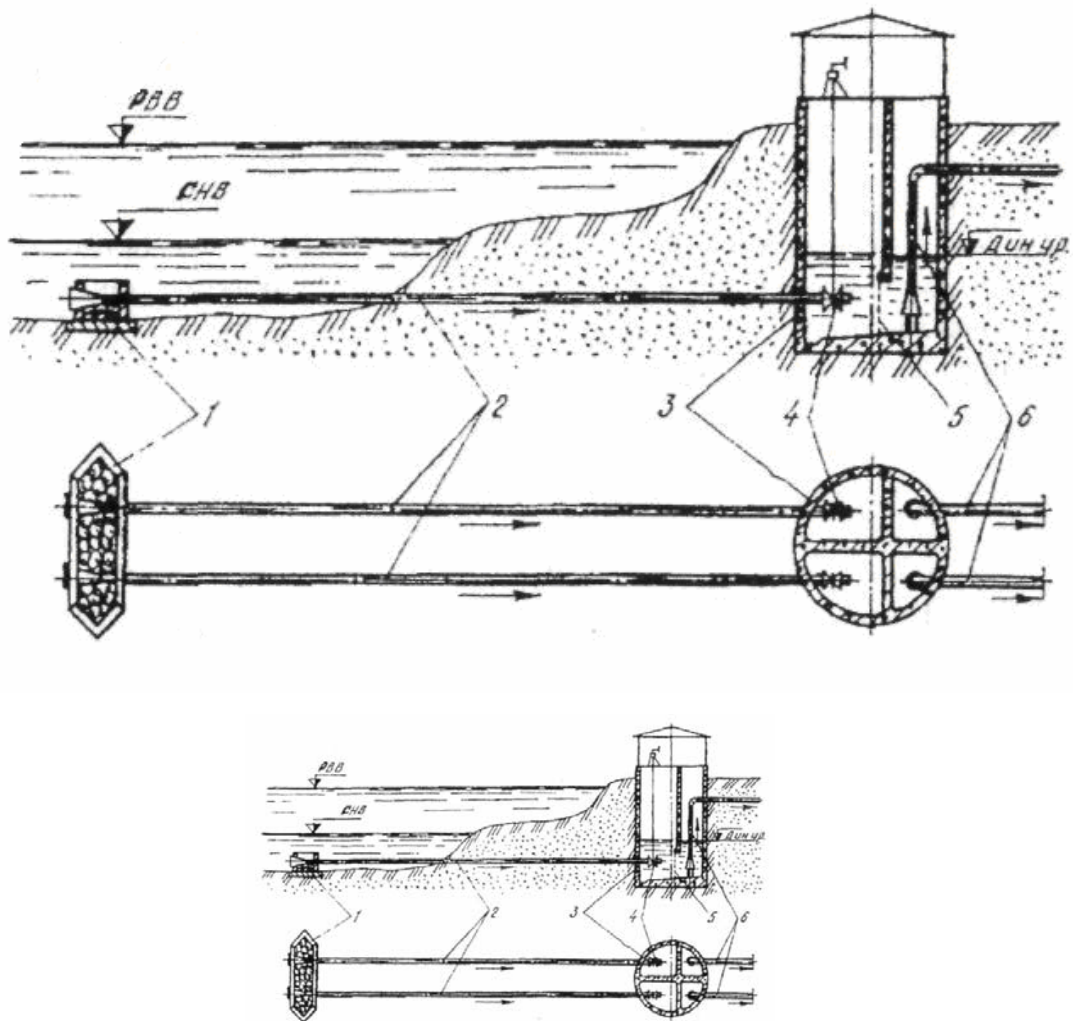


Рис. 3.5 Схема руслового водозабору з самопливними лініями:

1 — оголовок; 2 — самопливні труби; 3 — береговий колодязь; 4 — засувки; 5 — сітка; 6 — всмоктувальні труби насосів.

Береговий колодязь розташовують на незатоплюваному під час повені березі, але при цьому не слід віддалятися далеко від оголовка, оскільки це призведе до збільшення втрат напору в самопливних лініях. Там, де це можливо, береговий колодязь поєднують з насосною станцією першого підняття, що зменшує капітальні витрати і спрощує експлуатацію.

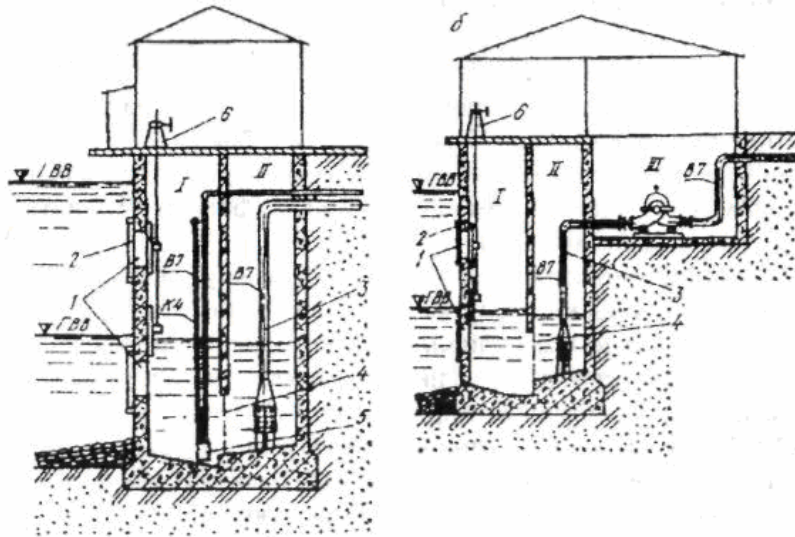


Рис. 3.6 Схеми берегових водозаборів:

a — відокремленого; *б* — сумісного; *I* — водоприймальна камера; *II* — камера всмоктувальних труб; *III* — насосна станція першого підняття; *1* — водоприймальні вікна; *2* — решітка; *3* — всмоктувальна труба насоса; *4* — сітка; *5* — водоструменевий насос; *6* — колонка управління.

На відміну від руслових береговий водозабір не має самопливних ліній і повністю розташовується на березі (рис. 3.6). Такі водозабори споруджують на річках, де досить крутий берег і достатня глибина води. Вода у водоприймальний колодязь надходить через вікна, що обладнуються решітками для затримування сміття. Протягом року рівень води в річці коливається, тому, як правило, передбачають два яруси водоприймальних вікон для забору найчистішої води. Після решіток вода проціджується через сітки та забирається насосами першого підняття.

Річкові водозабори облаштовують вище населеного пункту за течією річки на ділянках з необхідними глибинами, якомога ближче до основного потоку, бажано біля увігнутого берега.

§ 3.7. Водозабірні споруди для прийому води з підземних джерел

Для забору підземних вод застосовують різні споруди — свердловини, шахтні колодязі, горизонтальні та променеві водозабори, каптажні камери.

Шахтні колодязі використовують переважно для добування ґрунтової безнапірної або міжпластової води верхніх горизонтів. Зазвичай глибина шахтних колодязів не перевищує 10 м, але в окремих випадках може сягати 30 м. Поодинокі колодязі використовуються переважно для місцевих систем водопостачання, тому отримали найбільше розповсюдження в сільській місцевості. Для централізованого водопостачання використовують групи шахтних колодязів, з'єднаних трубопроводами зі збірним колодязем для забору води з нього насосами.

Шахтний колодязь — це вертикальна шахта (ствол) прямокутного чи круглого перерізу діаметром 1-1,5 м (рис. 3.7). Водоприймальну частину шахти колодязя заглиблюють у водоносний пласт не менше ніж на 2 м. Її дно покривають донним піщано-гравійним фільтром. Оголовок шахти виводять вище поверхні землі на 0,8 м, закривають кришкою або люком і обладнують вентиляцією. Навколо колодязя облаштовують вимощення і глиняний замок. Ствол шахти виконують з дерева, каміння, цегли, бетону та залізобетону. Найбільш досконалими є колодязі з залізобетонних кілець.

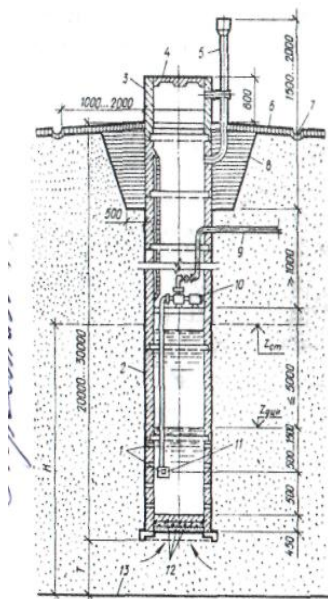


Рис.3.7. Схема шахтного колодязя:

1 — вікна з пористого бетону для фільтрування води; 2 — ствол; 3 — оголовок; 4 — кришка; 5 — вентиляційна труба; 6 — вимощення; 7 — канава для відведення води; 8 — глиняний замок; 9 — напірний трубопровід; 10 — насосний агрегат; 11 — приймальний клапан; 12 — зворотний фільтр; 13 — підосва водоносного пласта.

Для забору води з колодязів використовують ерліфти, поршневі та відцентрові насоси. Розрахунок шахтних колодязів полягає у визначенні їх діаметру та кількості при заданих витратах, в перевірці дебіту колодязя і допустимої глибини пониження рівня води.

Водозабірні свердловини (трубчасті колодязі) застосовують у тих випадках, коли підземні води залягають на глибині більше 10 м, а потужність водоносного пласта не перевищує 5 м. Свердловина складається з трьох основних елементів (рис. 3.8): оголовка, ствола та водоприймальної частини. Оголовок призначений для закріплення гирла свердловини, захисту від потрапляння в неї забруднених поверхневих вод, а також розміщення арматури й обладнання. Висота оголовка повинна бути не меншою 2,5 м.

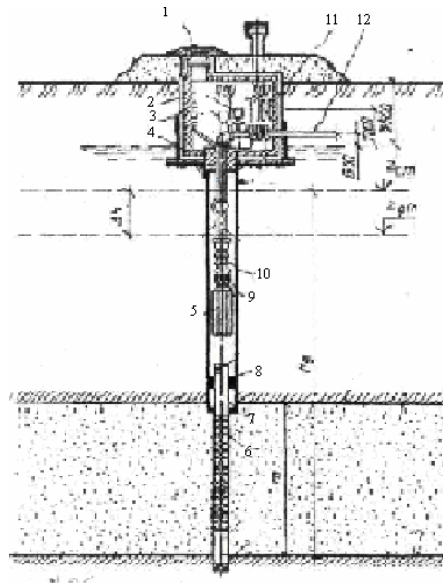


Рис.3.8. Схема обладнання водозабірної свердловини:

1 — люк; 2 — бітумна ізоляція; 3 — сходи; 4 — дно оголовка; 5 — електродвигун; 6 — робоча поверхня фільтру; 7 — надфільтрова труба; 8 — сальник; 9 — сітчастий фільтр; 10 — насос; 11 — дифманометр; 12 — покрівля водоносного пласта.

Ствол свердловини кріпиться обсадними трубами для захисту стінок від обвалу в сипучих породах. Водоприймальну частину свердловини обладнують фільтром, який не повинен пропускати частинок водоносної породи. Використовують фільтри різних типів: трубчасті з круглими та щілинними отворами; сіткові, в яких фільтрова сітка намотується на каркас; гравійні, в яких крупнозернистий пісок або гравій розташовується між водоносним ґрунтом і опорним каркасом.

Вибираючи майданчик для розміщення свердловин, слід враховувати, що під час відкачування води на деякій відстані навколо колодязя відбувається падіння статичного рівня. При цьому безпосередньо біля колодязя пониження рівня максимальне, а в міру віддалення від нього воно зменшується, досягаючи на деякій відстані відмітки статичного рівня. Пониження статичного рівня навколо колодязя в поперечному перетині зображується кривою, яку називають кривою депресії (рис. 3.9). Лінія від осі колодязя до точки дотику кривої депресії з лінією статичного рівня називається радіусом депресії або радіусом впливу колодязя. Ділянка навколо колодязя, що обмежена кривою депресії, називається депресійною воронкою.

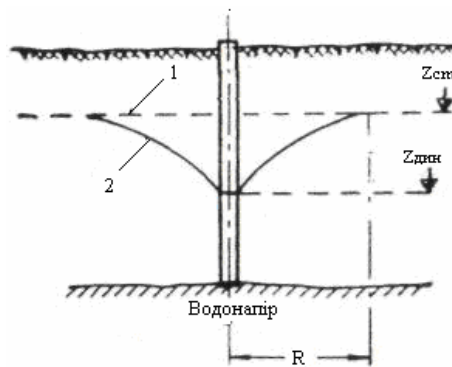


Рис. 3.9 Крива депресії:

1— статичний рівень підземних вод; 2— крива депресії

Радіус депресійної кривої залежить від характеру водоносної породи. Знаючи коефіцієнт фільтрації породи, можна визначити радіус впливу колодязя, а відповідно і межі депресійної воронки. Якщо в ділянці депресійної кривої воронки одного колодязя розташувати інший колодязь, то вони впливатимуть один на одного і загальні витрати води з таких колодязів будуть меншими. Тому колодязі повинні бути розташовані один від одного на відстані, не меншій за подвійний радіус кривої депресії.

Горизонтальні водозабори (рис.3.10) споруджують при невеликій потужності (до $10 \text{ м}^3/\text{год}$) потоку підземних вод та глибині залягання

водоносного пласта до 8 м, переважно поблизу поверхневих водостоків і водойм, а також за необхідності перехоплення інфільтраційного підземного потоку на можливо більшій ширині. Закладають такі водозабори в межах водоносного шару перпендикулярно напрямку підземного потоку вище населеного пункту, промислових підприємств, тваринницьких ферм тощо. З водоносного пласта вода надходить у дренажні труби, звідки стікає у водозбірний колодезь. Контрольні колодезі призначені для вентиляції водозабору та його огляду.

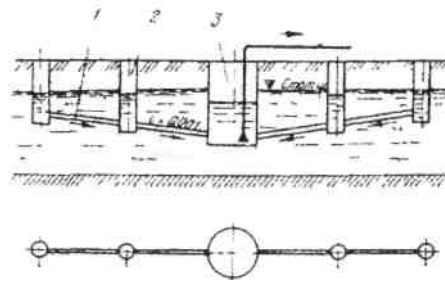


Рис. 3.10. Схема горизонтального водозабору:

1 — дренажна труба; 2 — контрольний колодезь; 3 — водозбірний колодезь

Променеві водозабори (рис. 3.11) є різновидністю шахтних колодезів і складаються з водозбірного колодезя та водоприймальних променів (дрен). Досить часто їх використовують для відбору підземних (підруслових) вод поблизу рік. Для відбору води підруслового потоку застосовують також водозабори інфільтраційного типу (рис. 3.12). Ці водозабори за конструкцією аналогічні шахтним колодезям, і їх розташовують вздовж річки.

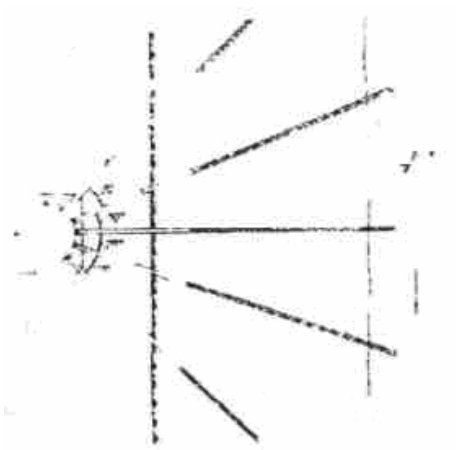


Рис. 3.11 Променевий водозабір:

1 — залізобетонний шахтний колодязь; 2 — дрени; 3 — фільтруюча частина дрени; 4 — надземний павільйон; 5 — водоносний ґрунт.

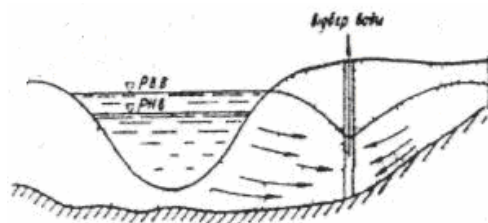


Рис. 3.12. Водозабір інфільтраційного типу

§ 3.8. Насоси та насосні станції

За принципом роботи та конструкцією робочих органів насоси поділяють на об'ємні та динамічні. У динамічних рідина під дією сили переміщується в камері, яка постійно сполучена з входом і виходом насоса. Об'ємні насоси працюють за принципом, за якого рідина переміщується шляхом періодичної зміни об'єму камери при перемінному сполученні її із входом і виходом. Рідина за кожний цикл подається певними порціями — об'ємами.

До динамічних насосів належать: лопатеві (відцентрові, осьові, діагональні), в яких рідина переміщується шляхом обтікання лопатей робочого колеса; вихрові, в яких рідина переміщується по периферії робочого колеса; шнекові, в яких рідина переміщується шнеком (гвинтом) вздовж його осі; ерліфти (повітряні водопідйомники), в основу роботи яких покладено принцип

використання різниці густини рідини та повітряно-водяної суміші в системі сполучених трубопроводів; струменеві, які використовують енергію рідини, що підводиться зовні; гідравлічні тарани, в яких для підймання рідини використовується енергія гідравлічного удару тощо.

Водопровідні насосні станції обладнують, як правило, відцентровими насосами, які мають переваги над насосами інших типів: прості за будовою, надійні в експлуатації, забезпечують рівномірну подачу рідини і можуть безпосередньо з'єднуватись з електродвигуном. Відцентрові насоси поділяють за такими ознаками: напором – низького тиску до 0,2 МПа, середнього тиску 0,2-0,6 МПа і високого тиску більше 0,6 МПа; за числом робочих коліс — одноколісні і багатоколісні; за розташуванням валу — горизонтальні і вертикальні; залежно від призначення — водопровідні, каналізаційні, кислотні, шламові тощо; за всмоктуванням води — з одностороннім та двостороннім входом; за умовами монтажу — надземні, плаваючі, заглибні, артезіанські тощо. Коефіцієнт корисної дії цих насосів досить високий — 0,6-0,8.

§ 3.9. Зовнішні водопровідні мережі

Водопровідні мережі призначені для транспортування води від джерела водопостачання до споживачів. Вони складаються з водоводів, магістральних мереж і розподільних трубопроводів. Водоводами вода подається від насосних станцій до населеного пункту, на території якого розташована мережа магістральних і розподільних трубопроводів.

Водоводи прокладають не менше ніж у дві лінії, з'єднані перемичками, що забезпечує безперебійність подачі води. Відстань між окремими лініями повинна бути не меншою 5 м при діаметрі труб до 300 мм і 10 м — при трубах більшого діаметра.

Магістральні трубопроводи призначені для транспортування основних транзитних мас води. Розподільними трубопроводами подають воду від магістралей до місць споживання.

За характером взаємного розташування насосних станцій, водопровідних мереж і напірно-регулюючих споруд розрізняють такі схеми живлення водопровідної мережі: з одностороннім живленням або з прохідною баштою (рис. 3.13, а); з двостороннім живленням або з контррезервуаром (рис. 3.13, б); комбіновані (рис. 3.13, в).

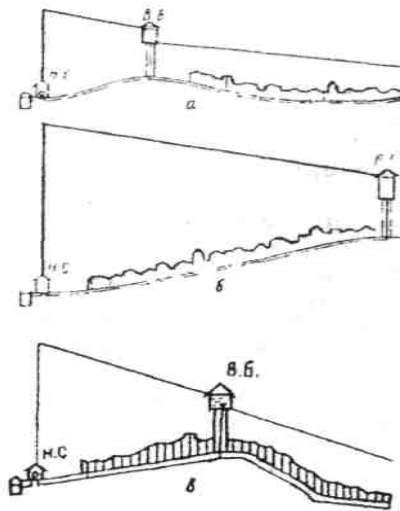


Рис. 3.13. Водопроводи:

а — з прохідним резервуаром; *б* — з контр-резервуаром; *в* — комбіновані; Н.С. — насосна станція; В.Б. — водонапірна башта

За розташуванням в плані магістральних ліній розрізняють: тупикові (розгалужені), кільцеві і комбіновані мережі (рис. 3.14).

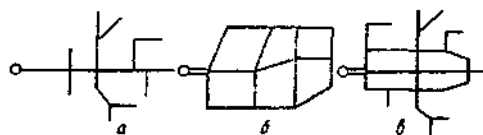


Рис.3.14 Схеми водопровідних мереж:

а — тупикова; *б* — кільцева; *в* — комбінована

Водопровід, який виконано за розгалуженою схемою, дешевший, але він застосовується лише в тих випадках, коли допускається перерва у

водопостачанні на період усунення можливої аварії. Надійнішими є кільцеві водопроводи, що забезпечують безперебійну подачу води споживачам. У населених пунктах найчастіше використовують комбіновані схеми. Кільце охоплює райони найбільшого водоспоживання, а до окремих водоспоживачів прокладають від кільця тупики. В подальшому ці тупики при розширенні населеного пункту можуть бути за кільцеві. Слід зазначити, що протипожежні мережі виконують за кільцевою схемою. Дозволяються тупики лише для коротких ліній, а при довжині 200 м і більше в кінці водопровідних ліній повинні бути протипожежні водойми.

Трасу господарсько-питного водопроводу заборонено прокладати на території звалищ, цвинтарів та місць поховання худоби.

§ 3.10. Основи розрахунку водопровідних мереж

Для визначення діаметрів труб і втрат напору на всіх ділянках мережі при пропуску по них розрахункових витрат води виконують гідравлічні розрахунки водоводів і водопровідної мережі. Гідравлічний розрахунок виконують лише для магістральних ліній і водоводів.

Підготовка мережі до розрахунку полягає у складанні умовної розрахункової схеми. При гідравлічному розрахунку мережі неможливо врахувати всі реальні точки відбору води споживачами, тому реальна схема замінюється умовною з вузловими точками відбору води, що розташовані, як правило, на перетинах магістральних ліній. Вузлові точки поділяють мережу на розрахункові ділянки. Порядок визначення витрат води на ділянках такий:

1. За графіком водоспоживання для призначеного режиму визначають розрахункові витрати $q_{\max}$, л/с.

2. Обчислюють питомі витрати q_{num} в л/с на їх мережі, виключаючи при цьому зосереджених водоспоживачів:

$$q_{\min} = q_{\max} - \frac{\sum q_{\text{зос}}}{\sum L}$$

де $\Sigma q_{зос}$ — сума витрат зосередженими водоспоживачами, л/с; ΣL — сумарна довжина ділянок мережі, які віддають воду, м (до неї не відносять ділянки, призначені лише для транспортування води).

При різному характері забудови (багатоповерхова, малоповерхова, індивідуальна) питомі витрати визначають для кожного району відповідно до густоти населення.

3. Вважаючи, що відбір води з мереж рівномірний, визначають шляхові витрати на кожній ділянці:

$$q_{шлях} = q_{min} \cdot i_i$$

4. Для спрощення розрахунків замінюють шляхові витрати вузловими (умовно зосередженими у вузлах) і визначають їх як півсуму шляхових витрат ділянок, що приєднуються до даного вузла:

$$q_{вуз} = 0,5 \Sigma q_{шлях}$$

Якщо є зосереджена витрата у вузлі, то

$$q_{вуз} = 0,5 \Sigma q_{шлях} + \Sigma q_{зос}$$

Сума витрат, що притікають до вузла, повинна бути рівною сумі витрат, що витікають з нього.

5. Враховуючи, що окрім шляхових витрат розрахунковою ділянкою проходить також транзитна $\Sigma q_{тран}$ для живлення наступних ділянок мережі, визначають розрахункові витрати на кожній ділянці:

$$q_i = q_{тран} + 0,5 q_{зос}$$

де 0,5 — коефіцієнт, який враховує, що на початку ділянки $q_i = q_{тран} + 0,5 q_{зос}$, а в кінці — $q_i = q_{тран}$.

Знаючи розрахункові витрати на ділянках мережі та прийнявши матеріал труб, визначають діаметри магістральних трубопроводів:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}},$$

де Q — розрахункові витрати ділянки, м³/с; V — швидкість руху води в трубі, м/с.

Визначаючи величину швидкості руху, слід враховувати, що малі швидкості руху води призводять до збільшення діаметра, а великі — до його зменшення. Перше призводить до збільшення будівельної вартості, а друге — до зростання втрат напору в трубах і тим самим — до витрат електроенергії на їх подолання, тобто збільшення експлуатаційних витрат. Найекономічнішою швидкістю є для труб малого діаметра 0,6-0,9 м/с; для труб великого діаметра — 0,9-1,5 м/с.

За формулами гідравліки при відомих діаметрах і витратах ділянок мережі визначають втрати напору. Користуючись ними, загальні втрати напору визначають так:

$$h_i = i \cdot L.$$

Оскільки витрати на ділянках мережі орієнтовні, а діаметри підібрано, виходячи з економічних міркувань, то сума втрат напору не дорівнює нулю, а становить певну додатну або від'ємну величину $\sum h$, яка називається неув'язкою. Щоб ув'язати мережу, треба частину взятої на початку розрахункової витрати перекинути з більш навантаженого півкільця на менш навантажене. Після виправлення втрат повторно визначають втрати напору. Розрахунок продовжують доти, доки величина неув'язки не стане допустимою ($\Delta h = 0,3-0,5$ м).

Водопровідна мережа повинна постійно подавати до населеного пункту потрібні витрати води з напором, який забезпечує нормальний її розбір. Найінтенсивніше мережа працює в годину максимального водорозбору, коли по трубах проходять максимальні витрати, і втрати напору в них досягають найбільших значень. У ці години лінія п'єзометричних напорів займає найнижче положення, тобто напір у мережі буде мінімальним (рис. 3.15).

Тиск (напір) в трубах у різних точках мережі залежить не лише від положення п'єзометричної лінії, а й від висоти розташування цих точок на місцевості. П'єзометричний напір у трубах, який рахують від поверхні землі, називають вільним напором. Він повинен бути достатнім для забезпечення

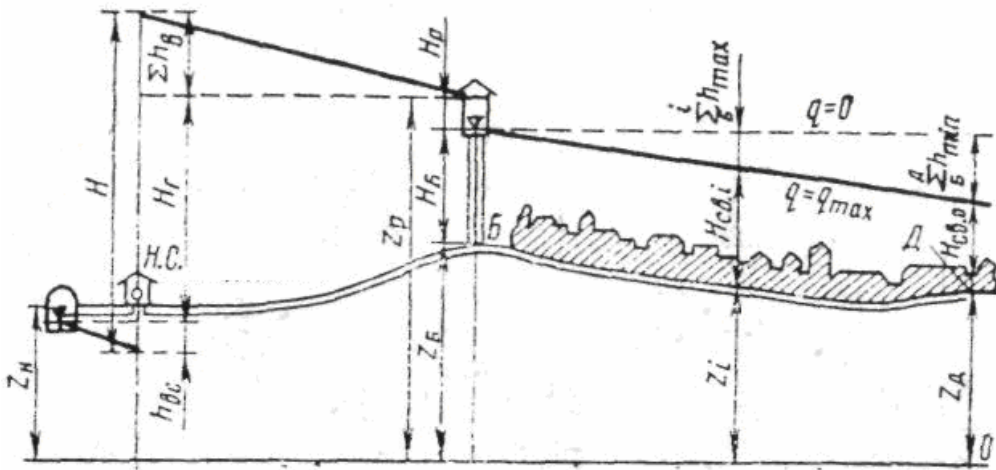


Рис. 3.15 Схема роботи водопроводу при господарсько-питному водоспоживанні

нормального водорозбору із санітарних приладів, у тому числі на верхніх поверхах будинків.

Мінімальний вільний напір встановлюють за нормами залежно від кількості поверхів будинків: при одноповерховій забудові — 10 м; при багатоповерховій — на кожний поверх додають 4 м. Вільні напори для виробничих зон визначають з урахуванням технологічних вимог.

Великі напори в мережі небажані, оскільки при цьому збільшуються невикористані втрати води, підвищується можливість виникнення аварій, з'являються незручності при водорозборі. Тому рекомендується, щоб найбільший напір у водорозбірній мережі не перевищував 60 м (допустимий напір). В одиночних висотних будинках воду на верхні поверхи підкачують місцевими насосними установками.

Точка мережі, в якій вільний напір у годину максимального водоспоживання буде найменшим, називається диктуючою. Якщо в диктуючій точці утворюється необхідний вільний напір, то у всіх інших точках мережі він буде більшим. За цією умовою знаходять висоту водонапірної башти.

Визначивши висоту водонапірної башти визначають напір насосів:

$$H = (Z_0 + Z_b + H_p) + \Sigma h_{вод} - Z_n$$

де $\Sigma h_{\text{вод}}$ – сума витрат напору в водоводах і насосній станції. Решта позначень – на рис. 3.15.

§ 3.11. Труби для водопровідних мереж

Для облаштування зовнішніх водопровідних мереж використовують сталеві, чавунні, азбестоцементні, залізобетонні та пластмасові труби. Вибір матеріалу труб здійснюють за техніко-економічними розрахунками, які враховують робочий внутрішній тиск, агресивність ґрунту і води, умови роботи трубопроводу, санітарні вимоги тощо. Для зовнішніх напірних мереж рекомендується застосовувати переважно неметалеві труби, а сталеві — лише на відповідальних ділянках, де потрібно мати більш високий ступінь надійності роботи водопровідної мережі. Сталеві труби мають широке застосування для внутрішніх водопроводів. За діючими ГОСТами випускають сталеві труби діаметром 6-1400мм і довжиною 4-12 м.

Сталеві труби, прокладені в землі, необхідно захищати від корозії, інакше вони досить швидко вийдуть з ладу. Для запобігання корозії застосовують активний або пасивний захист сталевих труб. При пасивному захисті труби покривають ізоляційними матеріалами. Найчастіше для цього використовують бітумну мастику й ізоляційні рулонні матеріали.

У результаті взаємодії металу трубопроводу з агресивними ґрунтовими водами виникає електрохімічна корозія. У таких випадках рекомендується застосовувати катодний або протекторний захист труб (активні методи). При катодному захисту одночасно з трубопроводом закопують в землю старі труби або рейки, які з'єднують з позитивним полюсом джерела постійного електричного струму. Трубопровід з'єднують з негативним полюсом того ж джерела. Електричний струм, виходячи з старих закопаних труб (анод) у вигляді позитивних іонів металу, руйнує їх і тим самим захищає трубопровід. Сталеві труби з'єднують між собою, як правило, за допомогою зварювання. При монтажі сталевих трубопроводів застосовують гнуті, штамповані та зварні сталеві фасонні частини, які приварюються до труб.

Чавунні труби порівняно зі сталевими довговічніші за рахунок значної товщини стінок. Недолік чавунних труб — значна вага, крихкість при динамічних навантаженнях і обмеженість робочого тиску.

Чавунні розтрубні труби та фасонні частини до них виготовляють діаметром 50-1200 мм і довжиною 2-7 м. Залежно від товщини стінок чавунні розтрубні напірні труби, які використовують для водопроводів, поділяють на три класи: ЛА, А і Б. Максимальний робочий тиск при використанні чавунних труб не повинен перевищувати 1,0-1,5 МПа.

Залізобетонні труби застосовують переважно для водоводів. Ці труби довговічні, вимагають невеликих витрат металу для виготовлення, але мають значну масу. Виготовляють залізобетонні труби методами вібропресування та центрифугування з попереднім напруженням арматури діаметром 500-1500 мм на тиск 0,6-2 МПа і довжиною до 5,2 м. З'єднання залізобетонних труб — розтрубне. Герметизують стик гумовими кільцями з подальшим зачеканенням цементним розчином.

Азбестоцементні труби стійкі проти корозії, мають гладкі стінки з невеликим гідравлічним опором, малу масу та низьку теплопровідність, легко механічно обробляються, але вони крихкі, вимагають особливої уваги при транспортуванні та динамічних навантаженнях. Азбестоцементні труби виготовляють із суміші 75-85% портландцементу і 25-15 % азбестового волокна діаметром 50-500 мм і довжиною 3-4 м. Для водопостачання застосовують азбестоцементні труби марок ВТ-6, ВТ-9 і ВТ-12 на робочий тиск відповідно 0,6; 0,9 і 1,2 МПа. З'єднують азбестоцементні труби азбестоцементними та чавунними муфтами. Герметичність стиків забезпечується гумовими кільцями.

Пластмасові (пластикові) труби виготовляють із полімерних матеріалів: поліетилену високої та низької щільності, полібутилену, поліпропілену, полівінілхлориду, поліхлорвінілу та інших. Труби випускають на тиск 0,25-1 МПа, діаметром до 630 мм і довжиною 6-12 м. Труби малого діаметра (до 63 мм) випускають великої довжини і замотують на бухти. Пластмасові труби

значно легші за металеві, стійкі до корозії, мають низький гідравлічний опір і низьку теплопровідність, легко обробляються та стикаються, гнучкі і пластичні, але мають високий коефіцієнт лінійного розширення і при коливанні температури можуть змінювати свої властивості.

Електроізоляційність полімерів дає змогу уникнути гальванічної та електрохімічної корозії, що надзвичайно важливо при прокладанні трубопроводів у ґрунті. Завдяки особливій структурі матеріалів трубами не передаються коливання, глушаться вібрації та шуми. У пластмасових трубах не накопичуються і не затримуються жодні відкладення: ні вапняні, ні каменеві, ні з будь-яких інших хімічних сполук.

Різновидом пластмасових є металопластикові (багатошарові) труби, в яких поєднані переваги металевих і пластмасових труб.

Металопластикові труби виготовляють таким чином: спочатку алюмінієва стрічка товщиною 0,2-0,25 мм скручується повздовж у трубу, а потім зварюється ультразвуком або лазерним променем за утворенням швом. Далі алюмінієва труба покривається з зовнішнього та внутрішнього боків шаром клею та поліетилену високої густини. Внутрішній шар товстіший за зовнішній і виготовляється зі структурованого харчового поліетилену.

Маючи всі переваги пластмасових труб, металопластикові витримують значно більший тиск (до 4 МПа), більш стійкі до перепаду температур води (робоча температура від 0°C до 95°C), жорсткі до згинання і мають низький коефіцієнт лінійного розширення (лише вдвічі більший, ніж у сталі).

§ 3.12. Поліпшення якості води

Основні технологічні процеси поліпшення якості води полягають у видаленні з неї певних домішок, що містяться в кількості, яка перевищує норми. Для очищення застосовують прояснення, знебарвлення та знезаражування води.

Прояснення води полягає у видаленні з води завислих речовин, тобто зменшення її каламутності. Його можна проводити шляхом відстоювання та

фільтрування. Однак традиційне відстоювання проходить досить довго і при значних витратах води вимагає значних площ і громіздких споруд. Для прискорення прояснення у воду вводять хімічні речовини — коагулянти, що разом із завислими і колоїдними частинками утворюють пластівці, які досить швидко відділяються від води (швидкість випадання пластівців в осад приблизно в 100 разів більша, ніж частинок тонкодисперсної глини).

Знезаражування води — знищення мікроорганізмів, бактерій, вірусів, переважно патогенних, які можуть спричинити шлунково-кишкові захворювання: холеру, дизентерію, паратиф та ін. Значна кількість бактерій і вірусів затримується при проясненні води відстоюванням і фільтруванням, а ті, що лишились, знищують шляхом обробки води хлором, озоном, сріблом або опромінюючи її бактерицидними ультрафіолетовими променями.

Знебарвлення води — усунення речовин, що зумовлюють кольоровість води. Як правило, знебарвлення води проходить при проясненні та знезаражуванні. Речовини, що зумовлюють кольоровість води, видаляються за рахунок коагуляції та окислення.

Воду очищають як із застосуванням хімічних агентів (коагулянтів, хлору, озону та ін.), так і без них. В останньому випадку вода очищається.

На відміну від хлорування вода після обробки на бактерицидних установках не набуває неприємних присмаків і запахів, а сам процес знезаражування й експлуатації досить простий і не вимагає реагентів, але сфера використання цього методу обмежена, а залишкова дія знезаражування відсутня.

Озонування води передбачає використання озону, що легко розпадається з утворенням атомарного кисню, який знищує бактерії, спори, віруси та руйнує органічні домішки. Це дозволяє використовувати озон не лише для знезаражування, але й для знебарвлення та дезодорації води. Його надлишок (на відміну від мору) не погіршує якості води.

Для знезаражування води підземних джерел потрібно 0,75-1 мг/л озону, а фільтрованої води поверхневих джерел — 1-3 мг/л. Озон отримують в електричних озонаторах безпосередньо на водопровідних станціях при

пропусканні через осушене й очищене повітря електричного розряду. Перемішування озоновітряної суміші, що отримана в озонаторах, проводиться у спеціальних ежекторах або барботуванням у колонах чи резервуарах. Час контакту води з озоном становить 5-7 хв.

Залежно від властивостей джерела водопостачання або вимог споживачів до якості води може знадобитися спеціальна її обробка: пом'якшення, знезалізнення, стабілізація, дезодорація, знесолення, видалення або введення окремих компонентів, охолодження тощо.

Пом'якшення води застосовують для зниження її жорсткості шляхом усунення або зменшення солей кальцію та магнію, переважно при підготовці води для котельних установок і технологічних потреб окремих підприємств. Так, наприклад, для окремих цехів текстильної та хімічної промисловості вода для живлення котлів середнього та високого тиску повинна мати жорсткість не більше за 0,3 мгЧекв/л.

При вапняно-содовому методі пом'якшення лужність води складає 0,8-1,2 мгЧекв/л, а залишкова жорсткість 0,5-1 мгЧекв/л. Підігрівуючи воду, можна досягти зм'якшення її до 0,2 — 0,4 мгЧекв/л.

Метод катіонового пом'якшення води полягає у здатності деяких матеріалів (катіонів) обмінювати катіони натрію або водню на катіони солей жорсткості, які є у воді. В якості катіонітів найчастіше використовують сульфовугілля (подрібнене кам'яне вугілля, оброблене концентрованою сірчаною кислотою) або синтетичні смоли.

Для пом'якшення воду фільтрують крізь завантаження катіоніту, що завантажуються переважно в напірні фільтри. Внаслідок фільтрування крізь катіоніт жорсткість води знижується до 0,03-0,05 мгЧекв/л. Під час фільтрування жорсткої води шар катіоніту поступово втрачає здатність пом'якшувати воду. Для регенерації фільтрів через шар катіоніту пропускають розчин сірчаної чи соляної кислоти (N-катіонітові фільтри) або розчин кухонної солі (№-катіонітові фільтри).

Знезалізнення води. При значному вмісті заліза, вода контактуючи з

киснем, набуває бурого кольору і неприємного металевого присмаку. Пластівці гідрату окису заліза випадають в осад і можуть викликати заростання труб. Вода з великим вмістом заліза непридатна для деяких підприємств, тому що може викликати псування продукції, змінюючи її колір (виробництво тканин, штучного волокна, паперу, плівки, фотопаперу тощо). Вміст заліза в питній воді не повинен перевищувати 0,3 мг/л, а у технічній воді — відповідно до вимог технологів.

При знезалізованні підземних вод найчастіше використовують безреагентні методи, а поверхневих вод — реагентні, оскільки одночасно вирішується завдання прояснення води. При безреагентних методах воду спочатку аерують, а потім фільтрують на контактних і піщаних фільтрах. В якості реагентів для знезалізовання використовують сульфат алюмінію, вапно або реагенти-окислювачі.

Найкраще метод знезалізовання води, розрахункові параметри та дози реагентів визначати на основі результатів технологічних випробувань, які роблять біля джерела водопостачання.

Стабілізація води полягає в наданні їй властивостей, за яких вона втрачає здатність викликати корозію або відкладати солі. Стабілізацію води здійснюють переважно в промислових системах.

Для усунення корозійних властивостей води на метал застосовують підлужнення або фосфатування води. При підлужненні у воду вводять вапно або кальциновану соду. Для запобігання заростання труб карбонатом кальцію застосовують підкислення води сірчаною (соляною) кислотою або проводять декарбонізацію води шляхом продування через воду димових газів.

Для боротьби з біологічним заростанням трубопроводів і обладнання періодично використовують купоросування та хлорування води.

Знесолення води полягає у видаленні з неї розчинних солей. Повне знесолення необхідне для окремих технологічних процесів, зокрема, при підготовці води для котлів високого тиску. Часткове видалення розчинних солей вимивають опрісненням.

Опріснення води з вмістом солей до 2-3 г/л проводять іонним обміном, при концентрації солей 3-15 г/л — методом гіперфільтрації або електролізу і для води з вмістом солей більше 10 г/л — шляхом заморожування, дистиляції або гіперфільтрації.

Дезодорація води. Для зниження інтенсивності присмаків і запахів використовують окиснення з подальшою сорбцією речовин, для чого воду фільтрують крізь гранульоване активоване вугілля з періодичною його регенерацією або заміною. Можливо також вводити вугілля у вигляді порошку перед відстійниками або фільтрами. При незначній інтенсивності присмаків і запахів можна використовувати лише окиснення, яке проводять одночасно з проясненням і знебарвленням. Окислювачами можуть бути хлор, озон, перманганат калію. Тип окислювача та його дозу встановлюють на основі технологічних випробувань.

Охолодження води. В системах промислового водопостачання для охолодження води використовують охолоджувальні ставки, басейни та градирні. В охолоджувальних ставках в одному кінці скидають нагріту воду, а в іншому забирають охолоджену. В басейнах нагріту воду розбризкують по поверхні води за допомогою насадок, а охолоджену забирають на деякій глибині.

Найбільше поширення отримали градирні. В них нагріту воду подають у верхню частину башти і розподіляють зрошувачами по всій площі. Вода, розбризкуючись, стікає вниз. Холодне повітря надходить у нижню частину градирні і, піднімаючись вгору, охолоджує воду. Висота градирень приймається 20-80 м. Також використовують градирні з примусовою вентиляцією. Градирні виготовляють з дерева чи залізобетону.

Служба експлуатації систем водопостачання повинна забезпечувати:

- регулярний контроль за якістю води та станом санітарних зон;
- своєчасне виявлення та швидку ліквідацію аварій на водопровідних мережах;
- своєчасний профілактичний ремонт усіх споруд, мереж, арматури й обладнання;

- планово-профілактичне очищення, промивання та дезинфекцію мережі й окремих споруд;
- боротьбу з витокami та втратами води в результаті негерметичності стиків труб, несправності арматури та при аваріях;
- нагляд за вуличними водорозбірними колонками;
- підготовку всієї системи водопостачання до роботи в зимових умовах.

Персонал водопровідної станції зобов'язаний контролювати хід технологічного процесу і якість обробки води, утримувати в належному стані всі споруди й обладнання, своєчасно проводити технічне обслуговування, поточні і планові ремонти.

Ліквідацію аварій на мережі здійснює аварійно-ремонтна бригада, яка входить до складу служби експлуатації. Аварійно-ремонтна бригада повинна мати спеціальний автотранспорт, обладнаний засобами для виключення аварійної ділянки і швидкого ремонту пошкоджених труб і арматури.

Розділ IV. КАНАЛІЗАЦІЯ

§ 4.1. Види стічних вод

Вода, що була використана для різних потреб у побуті або на виробництві й отримала при цьому додаткові домішки (забруднення), які змінили її хімічний склад або фізичні якості, називається стічною водою. До стічних вод належать також атмосферні води, які відводяться з території населених пунктів і промислових підприємств.

Забруднення стічних вод можуть бути мінеральними й органічними. До мінеральних забруднень належать пісок, глина, шлак, розчин мінеральних солей, кислот і лугів. Органічні забруднення бувають рослинного та тваринного походження. Забруднення рослинного походження містять залишки рослин, плодів, злаків, овочів, паперу. З хімічної точки зору в цих забрудненнях переважно міститься вуглець у вигляді клітковини. Органічні забруднення тваринного походження містять фізіологічні відходи людей та тварин, жири, речовини, органічні кислоти тощо. Основним хімічним елементом цих забруднень є азот у вигляді білкових речовин. Стічні води, крім вуглецю та азоту, містять фосфор, калій, сірку, натрій та інші хімічні сполуки.

Виділяють також так звані бактеріальні та біологічні забруднення, які в стічних водах представлені різними бактеріями, дріжджовими та пліснявими грибами, дрібними водоростями.

За фізичним станом забруднення, що містяться в стічних водах, можуть бути у вигляді розчину, колоїдів, суспензії та нерозчинених домішок. Ступінь забруднення стічних вод оцінюється концентрацією, тобто масою домішок в одиниці об'єму в мг/л або г/м³.

За походженням та характером забруднень всі стічні води поділяють на побутові (господарсько-фекальні), виробничі й атмосферні. До побутових відносяться води від кухонь, туалетних кімнат, лазень, пралень, їдалень, лікарень, а також господарські води, що утворюються від миття приміщень. Вони надходять як від житлових і громадських будинків, так і від побутових

приміщень промислових підприємств. За природою забруднень стічні води можуть бути фекальними, які надходять з туалетів і забруднені переважно фізіологічними відходами життєдіяльності людини, та господарськими, що забруднені різного роду побутовими відходами.

Виробничі стічні води утворюються в технологічних процесах виробництва.

Атмосферні води утворюються від випадання дощу або розтавання снігу і містять переважно мінеральні та у меншій кількості — органічні забруднення.

Відведення та знешкодження атмосферних стічних вод також входять в завдання каналізації.

Склад стічних вод вивчають задля раціональнішого визначення таких умов та обставин:

- а) вибір способу очищення стічних вод;
- б) можливість утилізації цінних речовин, що містяться в стічних водах та осаді (жири, добрива тощо);
- в) можливість використання очищених стічних вод як джерела технічного водопостачання;
- г) визначення матеріалів труб і каналів, якими буде відводитись стічна рідина та передбачення заходів запобігання впливу на них стічних вод.

§ 4.2. Основні елементи каналізації населеного пункту

Каналізація населеного пункту— це комплекс інженерних споруд та обладнання, які призначені для прийому та транспортування стічних вод до очисних споруд. План об'єкта, що каналізується, з нанесеними на ньому елементами системи каналізації, називається схемою каналізації. Схема каналізації населеного пункту складається з таких основних елементів: внутрішнього каналізаційного обладнання будівель і споруд, дворової та вуличної каналізаційної мережі, колекторів, каналізаційних насосних станцій і напірних трубопроводів, очисних споруд і випуску очищених стічних вод у водоймище.

Внутрішнє каналізаційне обладнання призначене для прийому стічних вод і відведення їх за межі будинку. В житлових і громадських будинках приймачами стічних вод є санітарні прилади. На промислових підприємствах для прийому стічних вод можуть використовуватись спеціальні приймачі у вигляді воронок, трапів, лотків, які встановлюють безпосередньо біля апаратів і технологічного обладнання.

Вуличні каналізаційні мережі — це система підземних трубопроводів, які приймають стічні води від дворових (квартальних) мереж і призначені для транспортування стічних вод у межах населеного пункту. Каналізаційні мережі будують переважно самотливими, прокладаючи їх відповідно до рельєфу місцевості. При цьому територія поділяється на басейни каналізування. Басейном каналізування називають частину території, що каналізується й обмежена водорозділами.

Каналізаційні мережі призначені для відведення атмосферних вод, називають дощовими мережами, або водостоками; мережі, призначені для відведення побутових вод, — побутовими; мережі для відведення виробничих стічних вод — виробничими. Облаштовують також мережі для спільного відведення різних видів стічних вод (побутово-виробничі, виробничо-дощові тощо).

Вуличні каналізаційні мережі в межах кожного басейну об'єднуються одним або декількома колекторами. Колектором називають каналізаційний трубопровід, який збирає стічні води з двох або декількох вуличних мереж.

При значних заглибленнях самотливих каналізаційних трубопроводів облаштовують насосні станції підйому та перекачування стічних вод. Каналізаційні насосні станції поділяють на місцеві, районні та головні. Місцеві насосні станції слугують для перекачування стічних вод від одного або декількох будинків, районні — для перекачування стічних вод районів і басейнів. Головні насосні станції перекачують всі стічні води на очисні споруди.

Очисними називають споруди, призначені для очищення та

зnezаражування стічних вод і переробки їх осаду. Склад очисних споруд може бути різним і залежить від методу очищення та виду стічних вод. Очисні споруди розташовують нижче за течією річки відносно населеного пункту або промислового підприємства, що каналізується.

Після очищення та зnezаражування стічні води через спеціальні пристрої, які називають випусками, скидають у водоймище.

Залежно від того, як відводяться окремі види стічних вод — разом чи окремо — системи каналізації поділяють на загальносплавні, роздільні (повна або неповна) та напівроздільні.

При загальносплавній системі каналізації (рис. 4.1, *а*) всі види стічних вод відводяться до очисних споруд по єдиній каналізаційній мережі.

Роздільною називається система каналізації, за якої окремі види стічних вод з забрудненнями різного характеру відводяться самостійними каналізаційними мережами (рис. 4.1, *б*). Роздільні системи каналізації відповідно поділяються на повні та неповні. Повна роздільна система каналізації передбачає не менше двох мереж: одну — для прийому і відводу побутових і близьких до них за складом виробничих стічних вод на очисні споруди; другу — для прийому та скиду у водоймище атмосферних та умовно чистих виробничих стічних вод.

Неповна роздільна система передбачає відвід побутових стічних вод закритою мережею на очисні споруди і неорганізований відвід у водоймище атмосферних вод. Таке рішення зменшує одночасні капітальні витрати та дозволяє у майбутньому з добудовою мереж переходити до повної роздільної системи каналізації, яка з санітарної точки зору є достатньо надійною.

Напівроздільною (рис. 4.1, *в*) називається така система каналізації, за якої в місцях перетину самостійних каналізаційних мереж для відводу різних видів стічних вод встановлюють водоскидні камери, що дозволяють перепускати найбільш забруднені дощові води при малих витратах в побутову мережу та відводити їх по загальному колектору на очисні споруди, а при зливах — скидати порівняно чисті дощові води безпосередньо у водоймище.

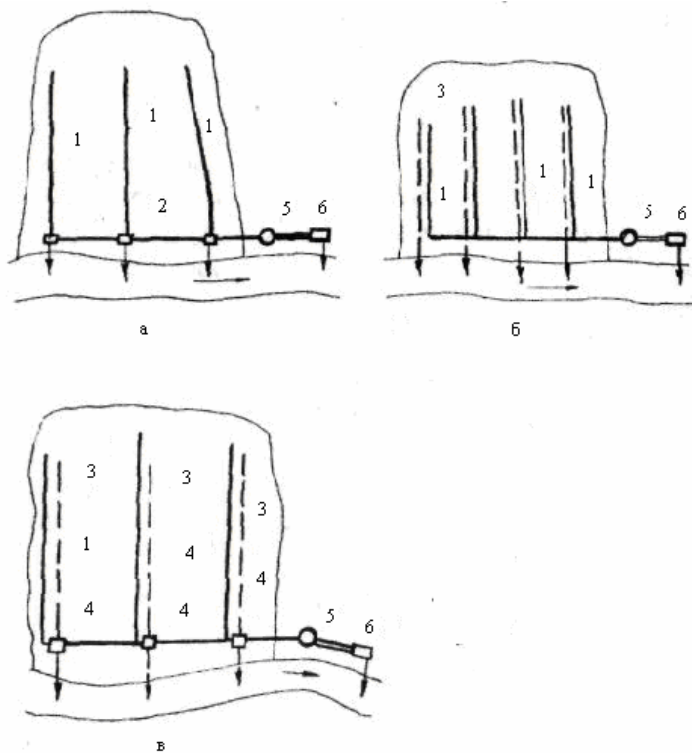


Рис.4.1: а) загальносплавна; б) повна роздільна; в) напівроздільна:

1 — колектори побутово-виробничої мережі; 2 — зливоспуски; 3 — дощова мережа; 4 — водоскидні камери; 5 — насосна станція; 6 — очисні споруди.

В нашій країні переважно застосовують неповну роздільну систему каналізації як першу чергу будівництва. Взагалі систему каналізації вибирають з урахуванням місцевих умов, техніко-економічних показників та санітарно-гігієнічних вимог. У санітарному відношенні найбільш доцільною є загальносплавна система каналізації, при якій всі стічні води підлягають очищенню. Однак ця система вимагає значних капітальних та експлуатаційних витрат, оскільки суттєво збільшуються розміри очисних споруд, комунікацій та потужність обладнання. Крім того, на повну потужність ці споруди працюють тільки під час великих злив при надходженні всієї маси атмосферних вод на очисні споруди. Для зменшення вартості загальносплавної мережі на колекторах вздовж водоймищ встановлюють зливоспуски, за допомогою яких під час значних злив основну масу атмосферних вод скидають у водоймище без очищення. Таке рішення знижує санітарну надійність загальносплавної системи каналізації та допускає попадання розбавлених, але неочищених побутових

стічних вод у водоймище. Дещо вищу надійність з санітарної точки зору має напівроздільна система каналізації. В цьому випадку неочищені стічні води не потрапляють у водоймище, але вартість цієї системи не нижча загальносплавної, що обумовило обмежене поширення напівроздільної системи каналізації.

У всіх випадках вибір системи каналізації населеного пункту повинен бути обґрунтованим техніко-економічними розрахунками з врахуванням санітарно-гігієнічних вимог та перспектив розвитку населеного пункту.

При виборі системи каналізації на промислових підприємствах враховують: кількість і склад виробничих стічних вод, можливість використання виробничих стічних вод в оборотному та послідовному водопостачанні, можливість утилізації цінних речовин та доцільність об'єднання з системою каналізації населеного пункту, вимоги до скиду виробничих стічних вод у водоймища. Каналізацію промислових підприємств, як правило, передбачають за повною роздільною системою.

Виробничі стічні води можуть бути відведені в міську каналізацію, але при цьому вони не повинні:

- порушувати роботу каналізаційних мереж та споруд;
- містити речовини, які здатні засмічувати труби каналізаційної мережі або відкладатися на стінах труб;
- виявляти руйнівний вплив на матеріали труб та елементи споруд каналізації;
- містити горючі домішки та розчинні речовини, які здатні утворювати вибухонебезпечні і токсичні гази в каналізаційних мережах та спорудах;
- містити шкідливі речовини в концентраціях, які порушують роботу очисних споруд або перешкоджають використанню вод у системах технічного водопостачання чи скиду в водні об'єкти (з врахуванням ефективності очищення).

Вимоги до стічних вод, що скидаються в міську каналізаційну мережу, нормуються і наведені в "Технічних умовах на якість та режим скидання стічних вод промислових підприємств в комунальну систему каналізації

населених пунктів", затверджених Мінжитлокомунгоспом України (наказ № від 21.05.90 р).

Гранично допустимі значення деяких видів забруднюючих речовин такі, мг/л:

- нафта та нафтопродукти — 25;
- поверхнево-активні речовини — 20 - 50;
- мідь, нікель — 0,5;
- хром (трьохвалентний) — 2,5;
- цинк — 1,0;
- ртуть — 0,005;
- свинець — 0,1;
- барвники синтетичні — 25;
- завислі речовини — 500;
- БПК — 750;
- жир тваринний — 50-100;
- рН стічних вод — 6,5-9,5.

Виробничі стічні води, що не відповідають цим вимогам, мають пройти попереднє очищення.

Схеми каналізаційних мереж населених пунктів вирішуються на основі генплану з урахуванням рельєфу місцевості, ґрунтових умов, розташування водоймищ, а також поетапного розвитку каналізації. Оскільки зустрічається значна різноманітність місцевих умов, то важко запропонувати типові схеми каналізації населених пунктів.

§ 4.3. Трасування каналізаційної мережі

Під трасуванням каналізаційної мережі мають на увазі визначення розташування вуличних колекторів на плані населеного пункту. Основне завдання при трасуванні мережі полягає в тому, щоб відвести стоки по трубах і каналах самопливом з максимально можливої площі території.

Безпосередньо перед трасуванням територію, що каналізується,

розбивають на басейни, обирають місця розташування очисних споруд і випуску стічних вод. Межі басейнів каналізування визначають за рельєфом місцевості та проектом вертикального планування. Межі басейнів, як правило, збігаються з лініями водорозділів. Місце розташування очисних споруд обирають нижче населеного пункту за течією водотоку із забезпеченням санітарно-захисної зони до межі житлової забудови.

Трасування мережі залежить від великої кількості числа факторів. Так, при трасуванні каналізаційної мережі необхідно враховувати:

а) рельєф місцевості для зменшення заглиблення труб і можливості відводу стічних вод самопливом; б) місце розташування очисних споруд; в) намічене місце випуску стічної рідини у водоймище; г) прийняту систему каналізації; д) характер забудови кварталів; є) черговість будівництва.

Каналізаційні мережі в середині басейну трасують від водорозділів до тальвегів. Як правило, вуличні колектори проектують перпендикулярно до горизонту місцевості в напрямку понижених місць басейну. Головні колектори найчастіше спрямовують вздовж берегів річок.

§ 4.4 Норми та режим водовідведення. Розрахункові витрати стічних вод

Для визначення витрат стічних вод на кінець розрахункового періоду потрібні відомості про чисельність населення та дані про підприємства.

Розрахункову кількість жителів N визначають залежно від густоти населення даного району (кварталу):

$$N = p \cdot F,$$

де N — територія району (кварталу), що каналізується, га; p — число жителів, які проживають на 1 га площі району (кварталу); F — густина населення, чол/га.

Густина населення в містах та селищах міського типу коливається залежно від поверховості забудови від 50 до 700 чоловік на 1 га площі.

Витрати побутових стічних вод залежать від норми водовідведення та

кількості жителів, які користуються каналізацією; витрати виробничих стічних вод — від норми водовідведення виробничих вод і кількості продукції. Нормою водовідведення називаються витрати стічних вод, л/добу, на одну людину, який користується каналізацією, або кількість стічних вод, м³, на одиницю продукції, яку випускає підприємство. Норма водовідведення для населених пунктів дорівнює нормі водоспоживання та може прийматись в межах 125-250 л/добу (табл. 4.1). Відведення побутових стічних вод від промислових підприємств слід враховувати окремо (табл. 4.2). При визначенні норм водовідведення промислових стоків користуються даними технологів, а при визначенні норм водовідведення від окремих будинків і будівель спеціального призначення — нормами проектування внутрішнього водопроводу та каналізації.

Таблиця 4.1

Норми водовідведення від районів житлової забудови

Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Норма водовідведення на одного жителя, середньодобова (за рік), q_w л/добу
Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією, без ванн	125-160
Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією та ваннами з місцевими водонагрівачами	160-230
Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією та системою центрального гарячого водопостачання	230-350

Примітки:

1. Норми водовідведення повинні відповідати прийнятим для даного об'єкта нормам водопостачання.
2. Норму водовідведення в неканалізованих районах слід приймати 25 л/добу на одного жителя.
3. Кількість стічних вод від підприємств місцевої промисловості, а також невраховані витрати допускається приймати додатково в розмірі 5-10% від сумарної кількості стічної води населеного пункту.

Таблиця 4.2.

Норми водовідведення побутових стічних водопромислових
підприємств

Види цехів	Норми водовідведення на одного працюючого за зміну, л	Коефіцієнт годинної нерівномірності водовідведення
У цехах зі значними тепловиділеннями (більше 23,2 Вт/м³-год.)	45	3
В інших цехах (холодних)	25	2,5

Стічні води надходять у каналізаційну мережу нерівномірно як в окремі дні, так і в окремі години доби. Розрахункові годинні та секундні витрати води визначають за загальним коефіцієнтом нерівномірності притоку стічних вод, $K_{\text{доб. max}}$, який залежить від середніх витрат побутових стічних вод:

$Q_{\text{сер}}, \text{ л/с}$	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000
$K_{\text{доб. max}}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44

Витрати побутових стічних вод визначають за формулами:

- середньодобові, м³/добу,

$$Q_w = N \cdot q_w / 1000,$$

- максимальнодобові, м³/добу,

$$Q_w = N \cdot q_w \cdot K_{\text{доб}} / 1000,$$

- максимальногодинні, м³/год,

$$Q_w = N \cdot q_w \cdot K_{\text{доб. max}} / 24 \cdot 1000,$$

- максимальносекундні, л/с,

$$Q_w = N \cdot q_w \cdot K_{\text{доб. max}} / 24 \cdot 3600,$$

де N – розрахункова кількість жителів; q_w – середньодобова норма водовідведення, л/добу; $K_{\text{доб}} = 1,1-1,3$ – коефіцієнт добової нерівномірності притоку стічних вод.

Середньодобові, $\text{м}^3/\text{добу}$, і максимальні секундні, л/с , витрати виробничих стічних вод знаходять за формулами:

$$Q_w^s = P \cdot q K_n / 1000,$$

$$q = P_1 \cdot q_w^n / 3600 \cdot T,$$

де P — кількість продукції, що випускається за добу; P_1 — те ж в зміню з максимальною продуктивністю; q_w^n — норма водовідведення виробничих стічних вод на одиницю продукції, м^3 ; T — тривалість зміни, год.; K_n — коефіцієнт нерівномірності притоку виробничих стічних вод.

На практиці каналізаційні мережі розраховують за максимально секундними витратами стічних вод. При цьому зручно розрахункові витрати визначати за модулем стоку, q_0 , $\text{л/с} \cdot \text{га}$). Модуль стоку — це витрати в л/с , які припадають на 1 га площі забудови:

$$q_0 = q_w \cdot P / 86400,$$

де P — густина на 1 га; q_w — норма водовідведення, л/добу .

Модуль стоку визначають для кожного кварталу, який відрізняється від інших густотою населення та нормою водовідведення.

Перед проведенням гідравлічного розрахунку каналізаційної мережі її розбивають на розрахункові ділянки. Розрахунковою ділянкою мережі називають частину лінії каналізаційної мережі між двома точками (колодязями), на якій розрахункові витрати стічних вод приймають постійними.

Розрахункові витрати на ділянці визначають як суму витрат:

- шляхових, які надходять в розрахункову ділянку від житлової забудови, розташованої вздовж ділянки;
- транзитних — від розташованих вище кварталів;
- бокових — від бокових ліній, що поєднуються;
- зосереджених, які надходять у розрахункову ділянку мережі від окремих великих водоспоживачів (наприклад, промислових підприємств).

Шляхові витрати є змінними для ділянки мережі. Вони зростають від

нуля на початку ділянки до повної своєї величини в кінці відповідно до під'єднань дворових і квартальних мереж. Для спрощення розрахунків умовно вважають, що всі шляхові витрати від житлових кварталів надходять тільки до початкової точки ділянки. При цьому величину шляхових витрат стічних вод для розрахункових ділянок вуличної каналізаційної мережі визначають залежно від її розташування в плані.

При охоплюючій схемі до розрахункової ділянки стічні води надходять з площі кварталу, яка прилягає до цієї ділянки та визначається шляхом поділу кварталу бісектрисами. При накресленні мережі з пониженого боку кварталу або при черезквартальній схемі стічна вода надходить до ділянки зі всієї площі кварталу, що розташований вище розрахункової ділянки мережі.

§ 4.5. Гідравлічний розрахунок каналізаційних мереж

Гідравлічний розрахунок каналізаційної мережі полягає в тому, щоб для відомих витрат води підібрати діаметр труб і підібрати такі нахили, при яких швидкість руху потоку була б достатньою для транспортування забруднень, що рухаються з потоком. Рух стічних вод каналізаційними мережами може бути безнапірним або напірним.

Самопливні мережі побутової каналізації розраховують на неповне заповнення труб стічними водами. Це дозволяє створити найбільш вигідні гідравлічні умови транспортування завислих речовин, забезпечити вентиляцію мережі та видалення з неї шкідливих і вибухонебезпечних газів, а також створити деякий резерв поперечного перерізу труби для пропуску непередбачених розрахунком додаткових витрат стічних вод.

Наповненням називають відношення висоти шару води в трубі (h) до діаметра труби (d). Рекомендується приймати такі розрахункові наповнення труб залежно від їх діаметру:

d , мм	150-250	300-400	450-900	більше 1000
h/d , (не більше)	0,6	0,7	0,75	0,8

Для трубопроводів дощової та загальносправної каналізації слід приймати повне наповнення труб при максимальних витратах.

При розрахунковому наповненні труб побутової каналізації швидкість руху стоків не повинна бути меншою, ніж:

d , мм	150-200	300-400	450-500	600-800	900-1200	1500
$V_{\min}$ м/с	0,7	0,8	0,9	1,0	1,15	1,3

Найбільшу розрахункову швидкість руху стічних вод слід приймати: 8 м/с — для металевих труб і 4 м/с – для неметалевих. Для дощової каналізації допускаються відповідно — 10 і 7 м/с.

Для гідравлічного розрахунку мережі використовують формули рівномірного руху потоку:

$$q = w \cdot v,$$

$$i = \frac{\lambda}{4R} \cdot \frac{V^2}{2g},$$

де q – витрати стічних вод, м³/с; ω – площа живого перерізу, м²; v – середня швидкість руху води, м/с; $i = h/I$ – гідравлічний нахил, який при рівномірному русі дорівнює нахилу лотка труб; λ – коефіцієнт гідравлічного тертя; $R = \omega/\chi$ – гідравлічний радіус, м; χ – змочений периметр, м; g – прискорення вільного падіння, м/с².

Коефіцієнт гідравлічного тертя рекомендується визначати як:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{\Delta e}{13,68R} + \frac{a_2}{R_e} \right)$$

де Δe – еквівалентна жорсткість, см; a_2 – коефіцієнт, який залежить від жорсткості труб.

На практиці при проведенні гідравлічних розрахунків каналізаційних труб формулами користуються досить рідко і переважно використовують графіки, номограми та таблиці, які складені за цими формулами.

Мінімальні діаметри труб самопливної каналізації: для вуличної мережі – 200 мм, для дворової та квартальної побутової мережі — 150 мм, для

дощової та загальносплавної вуличної мережі — 250 мм, дощової квартальної — 200 мм.

§ 4.6. Заглиблення трубопроводів каналізації

Вартість та строки будівництва каналізаційної мережі значно залежать від заглиблення труб, яке призначають можливо мінімальним з урахуванням таких вимог:

- запобігання замерзанню стічних вод у трубах;
- захист труб від механічного пошкодження;
- забезпечення можливості під'єднання до вуличної мережі дворових і внутрішньоквартальних мереж.

Якщо немає даних про експлуатацію каналізації в районі будівництва або в аналогічних умовах, найменше заглиблення лотка труб при їх діаметрі до 500 мм приймається на 0,3 м менше найбільшої глибини промерзання ґрунту в даному районі, а при більших діаметрах — на 0,5 м, але не менше 0,7 м до верху труби. Розміщення труб у шарі промерзання ґрунту допускаються тому, що температура стічних вод не опускається нижче 7°C навіть найхолоднішої пори року.

Для запобігання пошкодження каналізаційних мереж наземним автотранспортом, як правило, приймають мінімальне заглиблення труб дворової і квартальної мережі у 0,7 м, а вуличних міських мереж — 1,5 м до верху труби.

Початкове заглиблення вуличної мережі визначають з врахуванням під'єднання дворової або квартальної мережі за формулою (рис. 4.2):

$$H = h + i(L + l) - (Z_2 - Z_1) + \Delta d,$$

де h — найменше заглиблення труби у найбільш віддаленому і невідгідно розташованому колодязі дворової мережі; i — нахил труб дворової або квартальної мережі; $(L + l)$ — довжина дворової або квартальної мережі від найвіддаленішого колодязя до місця під'єднання до вуличної мережі; Z_2, Z_1 — відмітки поверхні землі відповідно біля колодязя на вулиці та

найвіддаленішого дворового колодязя; Δd – різниця в діаметрах трубопроводів вуличної та квартальної мережі в місці їх з'єднання.

Найбільше заглиблення труб при будівництві відкритим способом приймають у межах 5-8 м залежно від виду ґрунту, рівня стояння ґрунтових вод та інших факторів. При закритих способах робіт глибина прокладання практично не обмежується. Однак при цьому слід пам'ятати, що вартість будівництва трубопроводів закритими способами відносно велика і тому слід обмежити заглиблення труб.

Відстань у плані між трубопроводами та підземними частинами фундаментів будинків та іншими підземними спорудами приймається для напірних трубопроводів не меншою 5 м, а для самопливних — 3 м. При відкритому способі прокладання трубопроводів ця відстань не повинна бути меншою, ніж визначена за такою формулою:

$$L = h / \operatorname{tg} \alpha - b / 2 - 0,5,$$

де h – відстань по висоті між підшовою фундаменту та лотком труби, $\operatorname{tg} \alpha$ - кут відкосу ґрунту (в траншеях без кріплення); b - ширина траншеї, м.

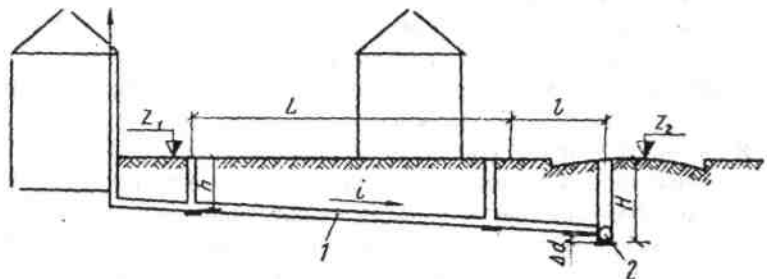


Рис. 4.2. Схема визначення початкової глибини вуличної мережі:

1 — внутрішньоквартальна мережа; 2 — вулична мережа

При проектуванні та будівництві обов'язково ув'язують прокладання каналізаційних мереж з іншими підземними комунікаціями;

- до теплотрас — 1,0-1,5 м;
- до ліній електропередач до 35 кВ — 5 м;

- до ліній електропередач більше 35 кВ — 10 м;
- до дерев цінних порід — 2,0 м;
- до щогл та опор освітлення, зв'язку, контактної мережі — 1,5 м;
- до бортового каменя автодоріг — 1,5 м;
- до краю кювету — 1,0 м;
- до трамвайних і заводських колій — 1,5 м;
- до залізничних колій загальної мережі — 4 м (до осі колій);
- до підшви насипу — не менше глибини траншеї.

Мінімальна відстань між водовідвідною мережею та газопроводом при паралельному прокладанні приймається залежно від тиску газу в газопроводі:

- при низькому тиску до 5 кПа — 1,0 м;
- при середньому тиску до 0,3 мПа — 1,5 м;
- при високому тиску до 0,6 мПа — 2,0 м;
- при високому тиску до 1,2 мПа — 5 м.

Мінімальна відстань між водовідвідною мережею та водопроводом приймається:

- при паралельному прокладанні на одному рівні та діаметрі водопроводу до 200 мм — не менша за 1,5 м, при більшому діаметрі — не менша за 3 м;
- при прокладанні мереж водовідведення вище від водопроводу на 0,5 м і більше — не менша за 5 м.

При перетинах з водопроводом водовідвідна мережа прокладається нижче від водопроводу не менше як на 0,4 м, а у випадках, коли водопровідна мережа прокладається вище водопроводу, необхідно захищати водопровід футляром.

Довжина захищеної ділянки по обидва боки від перетину приймається у водонепроникних ґрунтах (глинистих) — не меншою за 3 м, у фільтруючих — 10 м.

§ 4.7. Труби, колектори та колодязі на каналізаційній мережі

До матеріалу труб, колекторів та їх з'єднань висувають ряд вимог: міцність, сприймання навантаження від ваги ґрунту та транспорту без деформації, стійкість проти корозії та механічного стирання, гладка внутрішня поверхня, водонепроникність, не допускання просочування стічних вод у ґрунт (ексфільтрація) і ґрунтових вод у мережу (інфільтрація).

Керамічні труби використовуються для облаштування безнапірних каналізаційних мереж; їх виготовляють круглого перерізу з розтрубами, внутрішнім діаметром 150-600 мм, довжиною 800-1000 мм. При з'єднанні керамічних труб гладкий кінець однієї труби вставляють у розтруб другої. Зазор між ними на $1/3-1/2$ глибини розтрубу забивають ущільнюючим матеріалом, а решту зазору заповнюють матеріалом, який утворює замок, що утримує ущільнюючий матеріал у розтрубі. В якості ущільнюючого матеріалу рекомендується застосовувати гумові кільця, просмолене конопляне пасмо або канат, а в якості замка — асфальтову мастику, азбестоцемент, цемент. Останнім часом почали застосовувати з'єднання керамічних труб на конічних кільцях з пластізолу, які закріплюються на трубі заводом-виробником. Збір стику здійснюється легким горизонтальним насуванням труб. При цьому обидва кільця заклинюються й утворюється щільний та гнучкий стик.

Бетонні та залізобетонні труби виготовляють напірними та безнапірними з розтрубом або гладкими кінцями. Бетонні труби мають діаметр 200-600 мм, а залізобетонні (безнапірні) — 400-3500 мм. Довжина труб залежить від діаметру та способу їх виготовлення.

Азбестоцементні труби (напірні та безнапірні) виготовляють з гладкими кінцями діаметром у 100-600 мм. З'єднують їх за допомогою циліндричних муфт. Найчастіше для ущільнення стиків застосовують гумові кільця або зазори герметизують аналогічно зазорам розтрубних стиків керамічних труб.

Чавунні та сталеві труби застосовують переважно для напірних каналізаційних ліній. Для зовнішньої безнапірної каналізаційної мережі сталеві

труби застосовують лише там, де ставляться підвищені вимоги до герметичності, наприклад, при перетині з залізницями, автомагістралями, водяними перепонами. З'єднання металевих труб — зварні, розтрубні або фланцеві.

При прокладанні самопливних каналізаційних мереж також використовують труби із синтетичних матеріалів (вініпласт, поліетилен та інші).

Колектори побутової, виробничої, загальносплавної та дощової каналізації будують переважно індустріальним способом із крупних збірних залізобетонних елементів. Колектори великого розміру можуть у поперечному перерізі бути круглими, прямокутними або іншої форми.

Труби та канали каналізаційної мережі мають задовольняти гідравлічні, статичні, економічні та експлуатаційні вимоги.

Для огляду та прочищення каналізаційної мережі споруджують оглядові колодязі, їх роблять скрізь, де змінюється напрям, діаметр або нахил лінії. Залежно від призначення оглядові колодязі поділяються на лінійні, поворотні, з'єднувальні, контрольні, промивні та перепадні.

Лінійні колодязі встановлюють на прямих ділянках каналізаційних мереж усіх систем через 35-300 м залежно від діаметру труб.

Поворотні колодязі встановлюють у місцях зміни напрямку мережі в плані або по висоті. З'єднувальні оглядові колодязі встановлюють в місцях з'єднання каналізаційних ліній.

Промивні колодязі передбачають на тих ділянках каналізаційної мережі, де можливе випадання осаду в трубах.

Перепадні колодязі споруджують в місцях, де з'єднуються труби на різній глибині, що має місце при приєднанні бокових притоків до основної каналізаційної мережі, при облаштуванні перепадів у зв'язку з різкою зміною рельєфу місцевості та при необхідності зменшення швидкості потоку стічних вод по мережі.

Контрольні колодязі встановлюють перед червоною лінією забудови з боку будинків у місцях під'єднання дворової, квартальної або промислової мережі до вуличної.

Колодязі на напірних трубопроводах встановлюють за необхідності розміщення в них засувки, випусків, вантузів та іншої арматури.

Оглядові колодязі виготовляють з цегли або залізобетону. В плані вони можуть бути круглої або прямокутної форми.

Основними елементами колодязів є основа (підготовка, плита та набивний лоток), робоча камера перекриття або перехідна частина, горловина, кришка з люком. Висоту робочої камери приймають, як правило, у розмірі 1800 мм. Розміри камери зумовлені можливістю виконання робіт з огляду, очищення та ремонту мережі.

Діаметри круглих камер лінійних колодязів на побутовій мережі приймаються залежно від діаметра найбільшої труби.

Діаметр труби, мм	Діаметр робочої камери, мм
до 600	1000
700	1250
800 - 1000	1500
1200	2000

Розміри прямокутних в плані камер приймають:

L – при діаметрі труб до 700 мм —у 1000 мм;

B – при діаметрі труб більше 700 мм. Довжина L та ширина B приймаються за формулами:

$$L = d + 400 \text{ мм}, \quad B = d + 500 \text{ мм}$$

§ 4.8. Перетин самотливних трубопроводів каналізаційних мереж з перешкодами

При прокладанні каналізаційних мереж зустрічаються перешкоди різного типу: річки, яри, канали, підземні трубопроводи та споруди, залізниці й автостради.

Якщо каналізаційні трубопроводи розташовані значно вище перешкоди, то перетин виконують у вигляді самотливого трубопроводу, який прокладається по естакаді. Естакада — це опорна конструкція у вигляді мосту. Трубопровід прокладають в утепленому коробі без зміни нахилу, який

надано колектору. Естакади виготовляють зі збірного залізобетону на залізобетонних або металевих опорах.

Якщо каналізаційні трубопроводи розташовані значно нижче перешкоди, то перетин виконують у вигляді самопливного трубопроводу, прокладеного у футлярі або прохідних чи непрохідних тунелях (рис. 4.3).

Якщо каналізаційний трубопровід і перешкода розташовані на одній і тій же відмітці або їх різниця незначна, то перетин виконують у вигляді дюкера — напірного трубопроводу, який з'єднує два самопливних трубопроводи. Всі каналізаційні дюкери мають верхню і нижню камери і виконуються не менше ніж в дві нитки, кожна з яких є робочою.

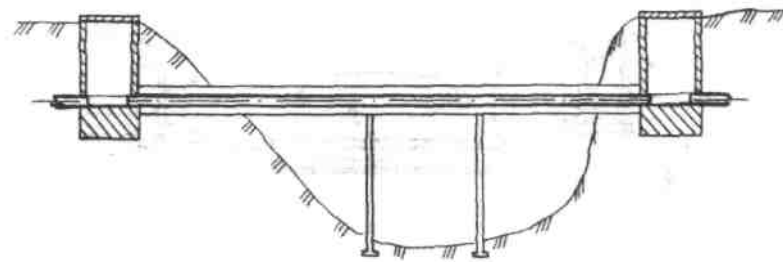


Рис. 4.3. Естакада

§ 4.9. Дощова каналізаційна мережа

Дощова каналізація слугує для відведення дощових і талих вод. Її, як правило, трасують по найкоротшій відстані до місця випуску.

Зовнішня дощова каналізація складається з відкритих дощових кюветів і лотків, дощоприймачів (дощоприймальних колодязів), закритої мережі труб, зливоспусків і випусків. У закриту дощову мережу вода потрапляє через дощоприймачі — круглі або прямокутні колодязі, перекриті металевими решітками, які пропускають воду та затримують все, що може засмітити каналізаційну мережу. Дощоприймачі встановлюють у зниженій частині проїздів біля тротуарів і перехресть вулиць на віддалі 50-80 м один від одного.

Випуск дощових стоків у водоймища проводиться переважно в межах міста або промислових підприємств. Із санітарних та естетичних міркувань дощові води слід випускати нижче рівня води в річці. Зливоспуски на мережі дозволяють направляти найзабрудненіші порції дощових вод на очищення.

Розміри труб і колекторів на ділянках дощової мережі визначають за розрахунковими витратами дощових вод. Ці витрати визначають за формулою:

$$q_{\text{розр}} = q \cdot \psi \cdot F,$$

де $q_{\text{розр}}$ - розрахункові витрати дощових вод, л/с; q - інтенсивність дощу, л/(с·га); ψ - коефіцієнт стоку; F - площа стоку, га.

Інтенсивність дощу q (л/с·га), рекомендується визначити за формулою:

$$q = 20^n \cdot q_{20} \cdot (1 + C \lg P) / t^n,$$

де n і C - коефіцієнти, які враховують кліматичні особливості даної місцевості; q_{20} - інтенсивність дощу в л/с з га тривалістю 20 хв. при повторювальності один раз на рік (стала величина для конкретного району); P - період у роках, протягом якого один раз відбувається переповнення мережі; t - розрахункова тривалість дощу, хв.

При сучасних розрахунках дощової каналізації за методикою граничних інтенсивностей вважають, що тривалість дощу повинна відповідати часу протікання дощу від найвіддаленішої точки до розрахункового перерізу. Отже, кожен ділянку дощової мережі розраховують на дощ відповідної інтенсивності.

Коефіцієнт стоку характеризує водонепроникність поверхні водозбору та визначається як відношення витрат атмосферних вод, що випали на площі 1 га, до тих, які потрапили у дощову мережу з цієї площі.

Гідравлічний розрахунок дощової мережі проводять за тими ж формулами, що і розрахунок побутової мережі.

Для дощової мережі використовують керамічні, бетонні та залізобетонні труби. Найменший діаметр самотічних мереж дощової каналізації: для вуличної мережі — 250 мм, внутрішньоквартальної — 200 мм.

Вибір способу відведення дощових і талих вод (відкритий, закритий, змішаний) визначається за техніко-економічними розрахунками. При будівництві нових систем каналізації, якщо виявиться необхідність очищення поверхневого стоку, слід розглянути питання про влаштування загальносплавної або напівроздільної системи водовідведення.

§ 4.10. Насоси для перекачування стічних вод

У випадках, коли неможливо здійснити відвід стічних вод самопливом на очисні споруди, застосовують насоси. При цьому, виходячи з особливостей рідини, яка перекачується (наявності в ній паперу, ганчір'я та інших домішок), до насосів ставлять такі вимоги:

- 1) вони не повинні засмічуватись залишками, які знаходяться в стоках;
- 2) їх конструкція повинна забезпечувати можливість прочищення робочого колеса, корпусу та патрубків;

З урахуванням цих вимог насоси, які застосовуються для перекачування стічних вод, мають ряд конструктивних особливостей:

- а) насоси будуються лише з одним робочим колесом і без напрямних апаратів;
- б) робочі колеса мають всього дві-чотири лопаті;
- в) на корпусі насосу та входному патрубку встановлюються люки-ревізії.

Для перекачування стічних вод промисловість випускає насоси марки СМ. Окрім цих використовують насоси, розраховані на перекачування рідин з великим вмістом завислих речовин: землесоси, шламові, торфонасоси, шнекові насоси та інші.

§ 4.11. Схеми та конструкції насосних станцій

Каналізаційні насосні станції за призначенням бувають головними (перекачують стічні води зі всієї території), районними (перекачують стічні води з окремих басейнів каналізування), лінійними або підкачувальними

(перекачують стічні води з максимально заглибленого колектора до колекторів з меншим заглибленням) та місцевими (перекачують стічні води від одного або декількох будинків).

Каналізаційні насосні станції мають машинне відділення, приймальний резервуар, побутові та допоміжні приміщення. В машинному залі розташовують основні та резервні насоси, а також все допоміжне обладнання для нормальної роботи насосів. Приймальний резервуар утворює регулюючу ємність, яка забезпечує найбільш ефективну рівномірну подачу насосів.

Регулюючий об'єм визначається за поєднаним графіком притоку та відкачування стічних вод і повинен бути не меншим за п'ятихвилинну подачу найбільшого із встановлених насосів. Приймальний резервуар обладнують решітками для затримання великих механічних домішок. Затримані домішки подрібнюють у спеціальних апаратах і скидають у канал перед решітками. Машинний зал та інші службові приміщення відділяють від приймального резервуару суцільною водо- і газонепроникною стінкою.

Схеми та конструкції насосних станцій залежать від гідрогеологічних умов, глибини підвідного колектору, типу та кількості насосів, особливості розташування насосних агрегатів тощо.

Як правило, насосні станції розташовані в понижених місцях, мають значне заглиблення і часто нижче рівня підземних вод. У цьому випадку доцільно застосовувати каналізаційні насосні станції шахтного типу та круглі в плані. Опускний спосіб будівництва дозволяє долати труднощі зведення споруди, зумовлені складними гідрогеологічними умовами та значною глибиною станції. Кругла форма в плані вигідна і в конструктивному відношенні.

При перекачуванні стічних вод, що містять пожежо- та вибухонебезпечні речовини, приймальні резервуари відокремлюють від машинного відділення, яке може розміщатися на меншій глибині.

Значно спрощується схема та конструкція насосної станції, якщо вона має невелику глибину та зводиться в сухих ґрунтах. Станція може бути прямокутної форми, а резервуар — поєднуватись з машинним відділенням.

Каналізаційні насосні станції, що перекачують невелику кількість стічних вод (місцеві або розташовані в сільських населених пунктах), будують підземними та повністю автоматизованими. Доступ для огляду та проведення профілактичних заходів здійснюється через люк.

У тих випадках, коли при перекачуванні невеликих витрат стічних вод висота підйому не перевищує 4 м, рекомендується приймати насосні станції зі шнековими насосами .

Насоси вибирають за максимальною подачею насосних станцій і потрібним напором, який визначається:

$$H_{\text{номр}} = \Delta Z + h_{\text{nc}} + \sum h_n + h_r$$

де ΔZ – геометрична висота підйому води; h_{nc} – внутрішньо-станційні втрати напору (вираховуються або приймаються в межах 1,5-0,5 м); h_n – втрати напору в напірних трубопроводах; h_r – вільний напір на вилив води (приймається в межах 0,5-1,0 м).

Розділ V. ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

§ 5.1. Склад стічних вод та умови скидання їх у водні об'єкти

Ступінь забруднення стічних вод характеризується кількістю мінеральних, органічних і бактеріальних домішок, що містяться в розчиненому або нерозчиненому стані.

Нерозчинені речовини, які затримуються при фільтруванні через паперовий фільтр, називають завислими. Загальна кількість завислих речовин у побутових стічних водах складає близько 65 г сухої речовини за добу від однієї людини, що користується каналізацією. Із цієї кількості осідає в середньому близько 40 г, тобто 60-75%, а легкі домішки (жири, нафтопродукти та інше) в спокійному стані спливають на поверхню води.

Значні труднощі при вирішенні питання очищення стічних вод викликають органічні домішки. Ці домішки в стічних водах, як правило, за наявності кисню мінералізуються під дією мікроорганізмів. За кількістю витраченого для окислення органічних речовин кисню судять про забруднення стічної рідини органічними речовинами. Цю величину називають біохімічною потребою в кисні, скорочено позначають "БПК" і виражають кількістю кисню у мг/л. На практиці БПК визначають через 5 і 20 діб і позначають відповідно БПК₅ і БПК₂₀.

Для міських стічних вод БПК₂₀ знаходиться в межах 100-400 мг/л, для виробничих — коливається в широких межах залежно від технологічного процесу.

Оскільки не всі органічні речовини окислюються біохімічним шляхом, для повної оцінки забруднень ними стічних вод визначають хімічну потребу в кисні (ХПК). Значення ХПК завжди більше за БПК. Для побутових стічних вод значення ХПК в 1,2-1,5 рази більше за БПК₂₀. Для виробничих стічних вод, що містять важкоокислювані органічні речовини, це перевищення може бути ще більшим.

Концентрація забруднень стічних вод у практиці проектування систем водовідведення населених пунктів встановлюється з урахуванням норм

водовідведення. При більшій нормі водовідведення концентрація забруднень побутових стічних вод менша.

Концентрація забруднень побутових стічних вод у міліграмах на літр за кількістю завислих речовин, БПК, кількістю амонійного азоту, фосфатів (P_2O_5), хлоридів, поверхнево-активних речовин (ПАР) визначається за формулою:

$$C = \frac{a \cdot 1000}{q_n}, \quad (5.1)$$

де a — кількість забруднень, що надходить за добу від однієї людини, г; q_n — норма водовідведення, л, на одну людину за добу.

Нормативну кількість забруднень за добу від однієї людини для побутових стічних вод наведено в нормативних документах і вона складає в г/добу:

Завислі речовини	65
БПК _{повне} непросвітленої рідини	75
БПК _{повне} просвітленої рідини	40
Азот амонійних солей (N)	8
Фосфати (P_2O_5)	3,3
Хлориди (Cl)	9
Поверхнево-активні речовини (ПАР)	2,5

Побутові стічні води надходять на очисні споруди разом з виробничими. Знаючи кількість побутових та виробничих стічних вод і концентрацію забруднень в них, визначають концентрацію забруднень у суміші стоків

$$C_{mid} = \frac{C_n \cdot Q_n + C_p \cdot Q_p}{Q_n + Q_p}, \quad (5.2)$$

де C_n , C_p — концентрація забруднень побутових і виробничих стічних вод; Q_n , Q_p — середньодобові витрати побутових та виробничих стічних вод.

При визначенні концентрації забруднень у виробничих стічних водах користуються результатами аналізів або даними, що наведено в довідковій літературі.

При проектуванні каналізаційних очисних споруд використовують так звані еквівалентне та приведенне число жителів.

Еквівалентне число жителів $N_{екв}$ — це умовна кількість жителів, які вносять таку ж масу забруднень, що і дані витрати виробничих стічних вод, і визначається за формулою:

$$N_{екв} = \frac{\sum Q_p \cdot C_p}{a}, \quad (5.3)$$

де a — кількість аналогічних забруднень, що вносяться в стічні води однією людиною за добу.

Еквівалентне число жителів визначається за завислими речовинами, БПК та іншими видами забруднень.

Приведене число жителів дорівнює сумі еквівалентного та розрахункового числа жителів.

$$N_{пр} = N + N_{екв}, \quad (5.4)$$

де N — розрахункове число жителів, яке приймається за проектом забудови населеного пункту.

Умови скидання стічних вод у водні об'єкти регламентуються нормативними актами та правилами, а саме Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища", "Правилами охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами" та "Правилами санітарної охорони прибережних районів морів".

Згідно з цими правилами встановлені нормативи якості води для водойм за двома категоріями водокористування. До першої належать ділянки водойм, що використовуються як джерело централізованого чи децентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості. До другої категорії належать ділянки водойм, що використовуються для купання, занять спортом і відпочинку населення, а також ті, що знаходяться в межах населених пунктів. Крім того, встановлені більш жорсткі нормативи якості стічних вод, що скидаються у водойми, які використовують з рибогосподарською метою.

Загальні показники якості промислових вод, що скидаються у відкриті водойми господарсько-питного та культурно-побутового призначення,

нормуються і наведяться нижче.

Розчинений кисень. У воді водойми після змішування з нею стічних вод кількість розчиненого кисню не повинна становити менше ніж 4 мг/л у будь-який період року в пробі, відібраній до 12 години дня.

Біохімічна потреба в кисні (БПК). Повна потреба води в кисні при біохімічному окисленні домішок за 20°C не повинна перевищувати 3 мг/л для водойм першої і другої категорій, а також для морів.

Завислі речовини. Вміст завислих речовин у воді водойми після скидання стічних вод не повинен зростати більше ніж на 0,25 і 0,75 мг/л для водойм відповідно першої та другої категорій. Для водойм, які в межень містять понад 30 мг/л природних мінеральних речовин, допускається збільшення концентрації завислих речовин у воді не більше ніж на 5 %. Забороняється скидати стічні води, які містять завислі речовини зі швидкістю осідання понад 0,4 мм/с для проточних водойм і понад 0,2 мм/с для водосховищ.

Запахи, присмаки. Вода не повинна мати запахів і присмаків інтенсивністю понад 3 бали для морів і 2 бали для водойм першої категорії, якщо ці показники розпізнаються безпосередньо або після хлорування води. Для водойм другої категорії ці показники не мають розпізнаватися безпосередньо. Вода не повинна надавати сторонніх запахів і присмаків рибі.

Кольоровість не повинна виявлятися в стовпчику очищеної води заввишки 20 см для водойм першої категорії і 10 см — для водойм другої категорії та морів.

Водневий показник (значення рН) після змішування води водойми зі стічними водами має бути в межах $6,5 < \text{pH} < 8,5$.

Спливаючі речовини. Стічні води не повинні містити мінеральних масил та інших спливаючих речовин у таких кількостях, що здатні утворювати на поверхні водойми плівку, плями і нагромадження.

Мінеральний склад. Вміст неорганічних речовин для водойм першої категорії не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/л, у тому числі хлоридів — 350 мг/л і сульфатів — 500 мг/л; для водойм другої

категорії мінеральний склад нормується за показником «Присмаки».

Збудники захворювань не повинні міститись у воді. Стічні води зі збудниками захворювань треба знезаражувати після попереднього очищення. Методи знезараження біологічно очищених стічних вод мають забезпечувати колі-індекс не більше 1000 при вмісті залишкового хлору не менше ніж 1,5 мг/л.

Температура води у водоймі внаслідок скидання в неї стічних вод не має підвищуватися влітку більше ніж на 3°C порівняно із середньомісячною температурою найтеплішого місяця року за останні 10 років.

Отруйні речовини не повинні міститися в стічних водах у концентраціях, які можуть чинити прямий чи опосередкований шкідливий вплив на здоров'я населення.

Нормативи якості води водойм рибогосподарського призначення встановлено також для двох видів водокористування: до першого належать водойми, що використовуються для відтворення та збереження цінних сортів риб, до другого — водойми, що використовуються для всіх інших рибогосподарських потреб.

Нормативи складу і властивостей води водойм, що використовуються для рибогосподарських потреб, можуть поширюватися на ділянку скидання стічних вод у разі швидкого змішування їх з водою водойми або на ділянку, розташовану нижче від місця скидання стічних вод (у цьому випадку береться до уваги можливість їх змішування і розбавлення на ділянці від місця скидання до найближчої межі рибогосподарської ділянки водойми). На ділянках масового нересту та нагулу риби скидання стічних вод не дозволяється.

У разі скидання стічних вод у рибогосподарські водойми до них висувають жорсткіші вимоги, ніж до стоків у водойми, що використовуються для господарсько-питних і культурно-побутових потреб населення, а саме:

Розчинений кисень. Взимку кількість розчиненого кисню (після змішування стічних вод з водою водойми) не повинна становити менше ніж 6 і 4 мг/л для водойми відповідно першого і другого видів; влітку — менше ніж 6 мг/л у пробі, відібраній до 12 години дня, для обох видів водойм.

Повне біохімічне споживання кисню ($\text{БПК}_{\text{повне}}$). Повне БПК за температури 20°C не повинно перевищувати 3 мг/л у водоймах обох видів. Якщо взимку вміст розчиненого кисню у воді водойм першого та другого видів водокористання зменшується відповідно до 6 і 4 мг/л, то можна допустити скидання в них лише таких стічних вод, що не змінюють БПК води.

Отруйні речовини не повинні міститись у концентраціях, що можуть чинити пряму або опосередковану шкідливу дію на рибу чи водні організми, які споживають риби.

Температура води внаслідок скидання стічних вод не повинна підвищуватися влітку більше ніж на 3°C , взимку – більше, ніж на 5°C (слід взяти до уваги, що з підвищенням температури сприйнятливість організмів токсичних речовин збільшується).

Якість очищення стічних вод повинна бути такою, щоб якість води у водоймі після скидання в неї стічних вод була не нижче ніж для води, що обумовлена правилами охорони поверхневих вод від забруднень стічними водами.

Правила містять загальні вимоги до складу та властивостей води (після скидання в неї стічних вод) водних об'єктів. Всі ці вимоги повинні виконуватись при проектуванні скидання стічних вод у водойми.

У практиці санітарно-гігієнічної охорони водойм користуються гранично допустимими концентраціями (ГДК) речовин, що впливають на якість води. За ГДК приймається та максимальна концентрація речовини, при якій не порушуються (не погіршуються) процеси мінералізації органічних речовин, органолептичні властивості води та промислових мікроорганізмів (риб, раків, молюсків) і не допускається токсичний вплив речовини на життєдіяльність (виживання, ріст, розмноження, плодовитість, якість потомства) основних груп водних організмів (рослин, безхребетних, риби), що відіграють важливу роль у формуванні якості води, утворенні та трансформації органічної речовини.

Якщо є декілька випусків стічних вод у водойму, і надходять речовини

з однаковими лімітуючими ознаками шкідливості (токсикологічні, санітарно-токсикологічні і рибогосподарські), то сума відношень концентрацій речовин в одному об'єкті з відповідним ГДК не повинна перевищувати одиниці:

$$\sum_1^n \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1, \quad (5.5)$$

При визначенні необхідного ступеня очищення стічних вод враховують витрати стічних вод, ступінь змішування стоків з водою водоймища, склад стічних вод і якість води водоймища, здатність води самоочищуватись, граничне допустимі концентрації забруднень, лімітуючі ознаки шкідливості речовин, санітарні вимоги, відстань до найближчого пункту водокористування та інше.

Усі природні водойми мають здатність до самоочищення, під яким розуміють сукупність біохімічних, фізико-хімічних і гідродинамічних (розбавлення) процесів, що зумовлюють зниження концентрації (або повне видалення) забруднюючих речовин у воді водойми, що потрапили туди зі стічними водами чи іншим шляхом, і повернення якості води до первісного стану. До процесів самоочищення можуть бути віднесені: сорбція розчинених сполук планктоном і донними відкладеннями, агломерація й осідання частинок, взаємодії лугів і кислот з гідрокарбонатними речовинами водойми, дегазація легколетких речовин, розбавлення забрудненого потоку чистими потоками водойми тощо.

Однак здатність водойми до самоочищення має свої межі. Значні обсяги скидів стічних вод, наявність у них токсичних для водних біоценозів речовин та інші причини перешкоджають процесам самоочищення, і тому скидання стічних вод у водойми здійснюють лише за умови виконання спеціальних вимог, встановлених для цих водойм. Якість очищення стічних вод повинна бути такою, щоб якість води у водоймі після скидання в неї стічних вод була не нижче ніж для води, що обумовлена правилами охорони поверхневих вод від забруднень стічними водами.

Для проточної водойми умова скидання стічних вод за нормативним показником вмісту шкідливих домішок визначається нерівністю:

$$C_3 q + C_{3.6} a Q \leq (a Q + q) C_{ГДК} \quad (5.6)$$

де C_3 – концентрація забруднювача в стічних водах, якої потрібно досягти в результаті очищення; $C_{3.6}$ – концентрація того самого виду забруднювача у воді водойми до скидання стічних вод; $C_{ГДК}$ – ГДК забруднювача; a – коефіцієнт змішування, що показує, яка частина води у водоймі змішується зі стічними водами в розрахунковому створі водойми; Q — витрата води у водоймі; q — витрати стічних вод, що надходять у водойму.

Значення Q визначають за даними гідрометеорологічної служби; q за технологічними розрахунками, а значення $C_{3.6}$ – на основі натурних замірів або за довідковими даними. Коефіцієнт змішування a залежить від багатьох чинників: конструкції випуску, відстані до розрахункового створу водойми, гідравлічних характеристик потоку та гідрологічних параметрів водойми.

Умови скидання стічних вод до непроточної водойми визначають за співвідношенням:

$$C_3 \leq C_{3.6} + n_p (C_{ГДК} - C_{3.6}), \quad (5.7)$$

де n_p — кратність найменшого розбавлення.

Поділивши обидві частини нерівності на q , дістанемо:

$$C_3 + C_{3.6} \frac{aQ}{q} \leq \left(\frac{aQ - q}{q} \right) C_{ГДК}. \quad (5.8)$$

Вираз у дужках означає кратність розбавлення в проточних водоймах. Тоді значення n_p і a визначаються виразами:

$$n_p = \frac{(aQ - q)}{q} \quad (5.9)$$

$$a = \frac{(n_p - q)}{Q} \quad (5.10)$$

Підставивши значення a з (5.10) у (5.8), маємо:

$$C_3 + (n_p - 1) C_{3.6} \leq n_p C_{ГДК} \quad (5.11)$$

Аналіз рівняння (5.11) показує, що у разі відсутності забруднювача даного виду в проточній водоймі цей вираз набуває вигляду

$$C_3 \leq n_p C_{ГДК} \quad (5.12)$$

тобто концентрація забруднень у стічних водах повинна бути такою, що

дорівнює або менша від добутку кратності розбавлення на ГДК. Іншими словами, добуток розбавлення має бути таким, щоб концентрація забруднень у проточній водоймі не перевищувала гранично допустимої концентрації.

Необхідну ступінь очищення стічних вод від певного забруднення, $E_{\text{потр}}$, (наприклад, від завислих речовин або за величиною БПК_{повне}) у відсотках визначають за виразом:

$$E_{\text{потр}} = \frac{C - C_z}{C} \cdot 100. \quad (5.13)$$

Слід зазначити, що забороняється скидати у водні об'єкти: стічні води, що можуть бути усунуті шляхом удосконалення технології виробництва; стічні води, що можуть бути використані в замкненій або зворотній системі технічного водопостачання підприємств; стічні води, що можуть бути використані для зрошення. Якщо таке неможливо з тих чи інших причин, то допускається випуск очищених стічних вод у водойми при виконанні вимог нормативних актів та правил.

§ 5.2. Методи та схеми очищення стічних вод

Для очищення стічних вод використовують механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні методи. При цьому використовують комплекс окремих споруд, в яких по ходу руху стічна вода послідовно очищається спочатку від крупних, а потім від менших за розмірами забруднень.

Механічне очищення (проціджування, відстоювання, просвітлення та фільтрування) застосовують для видалення з води переважно завислих речовин, використовуючи решітки, пісковловлювачі, відстійники, жировловлювачі, нафтовловлювачі, гідроциклони, фільтри та інші споруди.

Ганчір'я, папір, кістки, рештки овочів і фруктів, різні промислові відходи затримуються на решітках і подрібнюються в дробарках. Вода після решіток направляється в пісковловлювачі, в яких затримуються забруднення мінерального походження (пісок, зола, шлак). Основна маса забруднень органічного походження, що знаходяться в завислому стані, відділяється від

стічної рідини у первинних відстійниках. Речовини, питома вага яких більша за питому вагу води, осідають на дно. Речовини, легші за воду (жири, масла, нафта та нафтопродукти, різні смоли), спливають на поверхню.

Осад з пісковловлювачів зневоднюють на піскових майданчиках або в піскових бункерах. Осад з первинних відстійників схильний до гниття і тому його направляють на спеціальні споруди обробки осаду. В деяких спорудах механічного очищення (септики, двоярусні відстійники, просвітлювачі-перегнивачі) поєднуються процеси освітлення стічної рідини та обробки осаду, що випав.

Досить рідко механічне очищення є кінцевою стадією. Частіше воно буває попереднім перед біологічним очищенням.

Біологічні методи очищення полягають в окисленні мікроорганізмами органічних речовин, що знаходяться в стічних водах у вигляді дрібних суспензій, колоїдів і розчинів. Внаслідок біохімічних процесів відбувається мінералізація органічних речовин. Біохімічним шляхом стічні води майже повністю звільняються від органічних забруднень, що залишаються в стічних водах після механічного очищення.

Споруди, які служать для біологічного очищення стічних вод, поділяють на дві групи. До першої належать споруди, в яких біологічне очищення проводиться в умовах, близьких до природних (поля зрошення, поля фільтрації та очисні біоставки). У другій групі споруд очищення проводиться у штучно утворених умовах (біологічні фільтри та аеротенки). В спорудах першої групи стічні води очищаються досить повільно за рахунок запасу кисню в ґрунті та воді біоставків, а також внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів-мінералізаторів, що окислюють органічні забруднення. В спорудах другої групи у штучно створених умовах процеси очищення стічних вод протікають значно інтенсивніше. Відокремлення біомаси від очищеної води здійснюється у вторинних відстійниках.

Перед спуском до водойм очищену стічну воду для знешкодження та знищення патогенних мікроорганізмів, що залишилися після біологічного очищення, слід дезинфікувати. Дезинфекцію здійснюють різними способами:

хлоруванням, електролізом, бактерицидним опроміненням та іншими.

Оскільки вимоги до ступеня очищення стічних вод підвищуються і не завжди біологічне очищення забезпечує ці вимоги, доводиться застосовувати доочищення стічної води. Для забезпечення останнього використовують різні фільтри, контактні освітлювачі та біоставки.

Інколи виникає потреба видалити зі стічних вод біогенні елементи — азот і фосфор, які, потрапивши до водойми, можуть сприяти посиленому розвитку водних рослин. Азот видаляють фізико-хімічними та біологічними методами. При фізико-хімічному методі очищення в стічну воду додають вапно, після чого здійснюють віддування аміаку повітрям на градирнях. При біологічному методі видалення азоту проводять тривалу аерацію води в присутності вуглемістких забруднень у спеціальних спорудах, де інтенсивно проходять процеси нітрифікації, а потім проводять денітрифікацію. Бактерії-денітрифікатори використовують для забезпечення своєї життєдіяльності кисень нітратів і нітритів, виділяючи при цьому атомарний азот. Фосфор видаляють зі стічних вод хімічними методами, застосовуючи при цьому реагенти: вапно, солі заліза та алюмінію.

На відміну від очищених міських стічних вод для деяких видів виробничих стоків доцільно застосовувати хімічні або фізико-хімічні методи очищення, наприклад, при видаленні зі стічної води іонів важких металів або токсичних сполук. При хімічному очищенні забруднення зі стічних вод видаляються в результаті реакцій між забрудненнями та реагентами, які вводять у воду. В цьому випадку можуть утворюватись сполуки, що випадають в осад, або має місце газовиділення.

Процесами хімічного очищення є також нейтралізація та хімічне окислювання. До фізико-хімічних методів очищення стічних вод відносять сорбцію, екстракцію, евапорацію, коагуляцію, флотацію, електроліз, іонний обмін, кристалізацію та інші.

Вибір методу очищення стічних вод і підбір складу очисних споруд є досить складним завданням і залежить від ряду факторів і необхідного ступеня очищення

стічних вод, потреби забезпечення економічної експлуатації очисних споруд, можливості утилізації зі стічних вод цінних речовин і використання очищеної води в системах технічного водопостачання підприємств, рельєфу місцевості, гідрогеологічних умов, чисельності населення, кількості стічних вод та ін.

Досить широке застосування для очищення міських стічних вод знайшли схеми, в яких поєднуються механічне та біологічне очищення. Блок-схему такої технології наведено на рис. 5.1. На основі цієї схеми можливі різні варіанти набору споруд. Одну з типових схем очищення міських стічних вод наведено на Рис. 5.2.

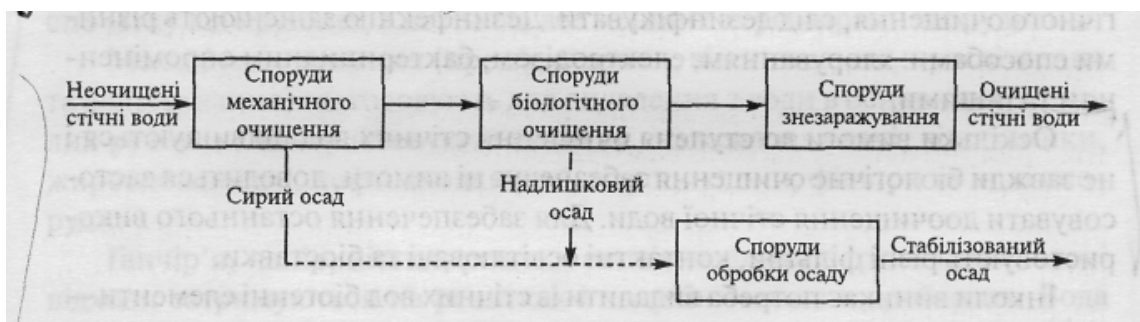


Рис. 5.1. Блок-схема очищення міських стічних вод



Рис. 5.2. Типова технологічна схема очищення міських стічних вод

§ 5.3. Споруди для механічного очищення стічних вод

Для очищення стічної води використовують решітки, пісковловлювачі та відстійники.

Решітки встановлюються у приймальних резервуарах насосних станцій і на очисних спорудах в каналах, що підводять стічну рідину. Для

попередження засмічення або утворення значних підпорів води, решітки повинні систематично очищуватись від забруднень.

Решітки поділяють за:

- шириною щілин — на грубі з щілинами від 30 до 200 мм та звичайні — від 5 до 25 мм;
- конструктивними особливостями на — нерухомі й рухомі, які періодично або безперервно піднімають зі стічних вод для очищення від відходів;
- способами очищення — від відходів з ручним та механічним очищенням.

Решітки, встановлені перед очисними спорудами, повинні мати ширину щілин не більше 16 мм. Стрижні решітки можуть мати круглу, прямокутну або іншу форму у перерізі. При напірній подачі стічних вод на очищення застосування решіток на очисних спорудах необов'язкове, якщо на насосній станції встановлено решітки з щілинами 16 мм або решітки-дробарки. У випадку встановлення на насосних станціях решіток із більшими щілинами на очисних спорудах також встановлюються решітки.

Для зручності обслуговування решітки часто встановлюють під кутом 60-70° до горизонту. Якщо кількість забруднень, що затримується на решітках, складає 0,1 м³/добу і більше, то очищення решіток повинно бути механізованим. На решітках з щілинами у 16 мм затримується в середньому 8л в рік на одну людину; об'ємна маса відходів становить — 750 кг/м³, вологість — 80 %. Забруднення, що затримані на решітках, повинні подрібнюватись у дробарках і повертатись в потік води перед решітками.

Нині досить велике поширення отримали комбіновані апарати — решітки-дробарки (комінутори), в яких затримані забруднення подрібнюються без їх видалення з потоку.

При розрахунку решіток визначають їх розміри та втрати напору, що виникають при проходженні через них стічних вод. Конструктивні розміри решітки пов'язані з витратами стічних вод таким співвідношенням:

$$q_{\omega} = \omega \cdot v = b \cdot n \cdot h \cdot v, \quad (5.14)$$

где q_{ω} — витрати стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$; ω — площа живого перерізу потоку, м^2 ; v — швидкість руху води в щілинах решітки (приймається за 0,8 — 1 м/с для звичайних решіток і 1,2 м/с — для решіток-дробарок); b — розмір щілин решітки, м; h — глибина потоку, м; n — число щілин решітки.

Звичайні решітки встановлюються в приміщеннях, що опалюються, а решітки-дробарки можна встановлювати в каналах без надбудови над ними. Крім робочих встановлюють резервні решітки.

Пісковловлювачі призначені для затримання мінеральних домішок, що містяться в стічних водах. Застосування пісковловлювачів зумовлене тим, що при спільному видаленні у відстійниках мінеральних та органічних домішок виникають значні труднощі при відводі осаду з відстійників та при подальшому його зброджуванні у метантенках чи інших спорудах.

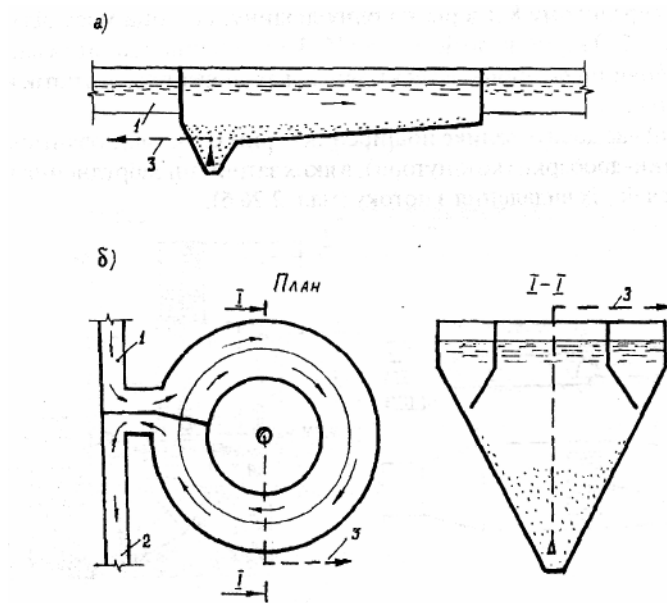


Рис.5.3. Горизонтальні пісковловлювачі:

*а — з прямолінійним рухом води; б — з рухом води по колу;
1 — підвід води; 2 — відвід води; 3 — відвід осаду*

Пісковловлювачі використовують для видалення із стічних вод нерозчинених мінеральних речовин, переважно піску. Наявність піску в стічних водах несприятливо позначається на роботі очисних споруд, оскільки пісок може накопичуватися у відстійниках, септичних камерах, двоярусних

відстійниках, метантенках та інших спорудах, зменшувати їх корисний об'єм, перешкоджати випуску осаду та порушувати технологічний процес роботи очисної станції. Тому пісковловлювачі є обов'язковими у складі очисних станцій потужністю більше 100 м³/доб.

Робота пісковловлювача базується на використанні гравітаційних сил. Розраховують пісковловлювачі таким чином, щоб у них випадав пісок та інші мінеральні частинки, але не випадав легкий осад органічного походження. Встановлено, що при горизонтальному русі води в пісковловлювачі швидкість повинна бути не більше 0,3 м/с і не менше 0,15 м/с.

Найбільше поширення отримали горизонтальні пісковловлювачі, в яких вода рухається прямолінійно або по колу (рис.5.3). Значно рідше застосовують вертикальні та тангенційні пісковловлювачі. У деяких випадках для підвищення ефективності роботи пісковловлювачів застосовують аерацію води з метою більш повного відмивання піску від органічних домішок. У таких пісковловлювачах має місце гвинтовий рух води.

Поступальну швидкість руху води в аерованих пісковловлювачах рекомендується приймати в межах 0,08 - 0,12 м/с (з урахуванням обертової швидкості сумарна швидкість руху води в цьому випадку буде становити близько 0,3 м/с).

Розрахунок пісковловлювачів полягає в тому, що потрібно визначити їх розміри залежно від розмірів піщинок, які підлягають затриманню, і прийнятого типу споруди. Площу живого перерізу пісковловлювача (чи його відділення) визначають за формулою:

$$\omega = \frac{q_{\omega}}{v_s \cdot n}, \quad (5.15)$$

де q_{ω} – максимальні витрати стічних вод, м³/с; n – число пісковловлювачів (відділень), яке приймається не менше двох; v_s – швидкість руху стічних вод, м/с.

Довжина робочої частини пісковловлювача:

$$L_s = \frac{1000 \cdot k \cdot h_s \cdot v_s}{u_0}, \quad (5.16)$$

де k – коефіцієнт, який приймається залежно від типу пісковловлювача;
 h_s – розрахункова глибина пісковловлювача, м; u_0 – гідравлічна крупність піску, мм/с.

Після визначення всіх основних розмірів у горизонтальному пісковловлювачі перевіряють тривалість перебування води в споруді при максимальному притоці стічних вод, яке повинно бути не менше 30 секунд.

Як свідчить досвід, у добре працюючих горизонтальних пісковловлювачах затримується 65-75 % всіх мінеральних забруднень, що містяться у побутових стічних водах.

Видалення піску з пісковловлювачів передбачають переважно за допомогою гідроелеваторів, спеціальних насосів або спеціальних механізмів (шнеків, шкребків тощо). Якщо кількість осадів менша 0,1 м³/ добу, такі пісковловлювачі дозволяється очищати вручну.

Зневоднення піску здійснюють на піскових майданчиках або у піскових бункерах.

Відстійники є основною спорудою механічного очищення стічних вод. Вони використовуються для видалення грубодисперсних речовин, що осідають або спливають. Розрізняють первинні відстійники, які встановлюють перед спорудами біологічного очищення, та вторинні відстійники — для відділення активного мулу або біоплівки. Залежно від напрямку потоку води відстійники поділяють на горизонтальні, вертикальні та радіальні.

Горизонтальний відстійник (рис. 5.4) – це прямокутний у плані резервуар зі співвідношенням ширини та довжини не менше 1: 4 та глибиною до 4 м. Стічні води підводяться каналом до торцевої стінки відстійника, де за допомогою поперечного лотка 1 з водозливом рівномірно розподіляються по ширині відстійника. З протилежного боку відстійника приєднується лоток для збору просвітленої рідини 2.

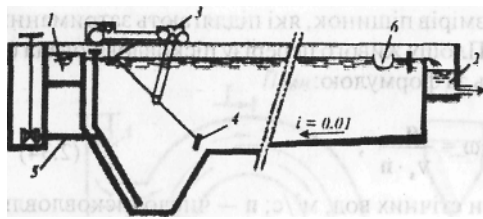


Рис. 5.4. Горизонтальний відстійник:

1 — розподільчий лоток; 2 — водозбірний лоток; 3 — візок; 4 — шкребок; 5 — трубопровід випуску осаду; 6 — жиру збірний лоток.

Радіальні відстійники, зазвичай, виконують круглими в плані діаметром від 16 до 40 м (інколи до 60 м) і глибиною, що дорівнює 1/6-1/10 діаметру. Радіальними ці відстійники називають тому, що вода в них рухається в радіальному напрямку. Радіальні відстійники можна розглядати як різновид горизонтальних, проте швидкість руху води в них змінна - від максимальної в центральній частині до мінімальної у периферійній, тоді як в горизонтальних відстійниках вона є постійною вздовж всієї довжини споруди.

Конструкцію радіального відстійника наведено на рис. 5.5. Підведення забрудненої води здійснюється знизу по трубопроводу 1, звідки вона потрапляє через центральний розподільчий пристрій 2 у відстійну зону, а просвітлена вода збирається в круговий периферійний жолоб 3. Плаваючі речовини видаляються з поверхні рідини за допомогою напівзануреної дошки, закріпленої під кутом до осі ферми, що обертається, і подаються трубою у плаваючий бункер, звідки направляються у муловий колодязь.

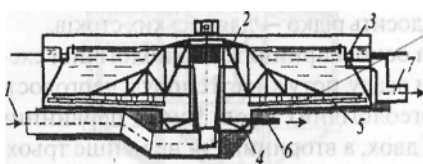


Рис. 5.5. Радіальний відстійник:

1 — подача забрудненої води; 2 — центральний розподільчий пристрій; 3 — збірний лоток; 4 — прямок; 5 — шкребок; 6 — відведення осаду; 7 — відведення просвітленої води

Осад згрібають у прямок 4, розташований у центрі відстійника, шкребками у вигляді жалюзі 5, закріпленими знизу рухомої ферми під кутом 45° до її осі. При обертанні ферми із закріпленими на ній шкребками відбувається переміщення осаду по дну відстійника від периферії до центру. Прямок має форму перевернутого зрізаного конусу. Днище відстійника влаштовують з уклоном 0,02 від периферії до напрямку.

Вторинний радіальний відстійник для видалення осаду замість

шкребків найчастіше обладнують мулосмоками.

Вертикальний відстійник – це круглий (інколи квадратний) в плані резервуар діаметром до 10 м з днищем у вигляді перевернутого зрізаного конусу (рис.5.6). Стічні води подаються по лотку 1 у круглу центральну трубу 2, що закінчується розтрубом 3. Досягаючи відбійного щита 4, потік стічних вод змінює напрямок з вертикального низхідного на горизонтальний, а потім — на вертикальний висхідний. Рухаючись рівномірно по площі робочої частини відстійника 5, просвітлені стічні води переливаються через круглий водозлив у збірний лоток 6.

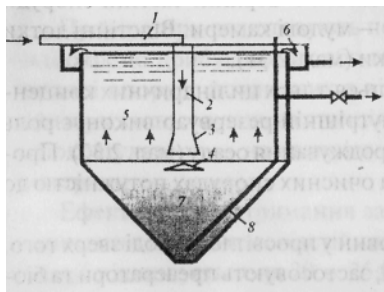


Рис.5.6. Вертикальний відстійник:

1 – лоток; 2 – центральна труба; 3 – розтруб; 4 – відбійний щит; 5 – відстійна зона; 6 – збірний лоток; 7 – осадова зона; 8 – осадова труба.

До відстійників також належать просвітлювачі, в яких одночасно з відстоюванням вода фільтрується через шар завислого осаду, а також просвітлювачі-перегнивачі та двоярусні відстійники, де одночасно з просвітленням води проходить стабілізація та ущільнення осаду, який випав.

У більшості випадків ефективність видалення грубодисперсних речовин зі стічних вод у відстійниках складає 40-60 % при тривалості відстоювання у 1-1,5 години. Для підвищення ефективності видалення осаду в стічні води вводять коагулянти та флокулянти, тобто речовини, що збільшують швидкість осідання завислих речовин. Такий прийом переважно застосовують для виробничих стічних вод і досить рідко — для міських стоків.

Тип відстійника обирають на основі прийнятої технологічної схеми

очищення стічних вод і обробки осаду, потужності споруд, черговості будівництва, геологічних і гідрогеологічних умов. Число первинних відстійників приймають не менше двох, а вторинних — не менше трьох. При мінімальному числі їх розрахунковий об'єм необхідно збільшити на 20-30%. Наявність декількох відділень дозволяє ремонтувати або чистити одне з відділень без суттєвого зниження якості очищення.

Швидкість руху води у відстійниках становить 5-10 м/с — в горизонтальних і 0,7-1,5 м/с — у вертикальних. Розрахунок відстійників проводиться за кінетикою випадання завислих речовин з урахуванням необхідної ефективності очищення та умов роботи споруд біологічної обробки води.

Горизонтальні відстійники, як правило, застосовують на станціях очищення потужністю від 15 до 100 тис. м³/добу. На відміну від горизонтальних у радіальних відстійниках швидкість руху рідини змінюється по радіусу. Радіальні відстійники порівняно з горизонтальними економніші в будівництві та надійніші в експлуатації, їх використовують переважно на станціях потужністю більше за 20 тис. м³/добу. На станціях і потужністю до 20 тис. м³/добу рекомендуються приймати вертикальні відстійники, а до 10 тис. м³/добу — двоярусні.

Двоярусні відстійники можуть бути циліндричної або прямокутної форми з конічним або пірамідальним дном. У верхній частині споруди знаходяться відстійні лотки, у нижній — мулові камери. Відстійні лотки працюють як горизонтальні відстійники.

Просвітлювач-перегнивач складається з двох циліндричних концентрично розташованих резервуарів. Внутрішній резервуар виконує роль просвітлювача, зовнішній — камери зброджування осаду. Просвітлювачі-перегнивачі проектують на очисних спорудах потужністю до 30 тис. м³/добу.

§ 5.4. Споруди для біологічного очищення стічних вод

Біологічні методи очищення стічних вод полягають в окисленні найдрібніших частинок суспензій, колоїдів і розчинених органічних речовин

мікроорганізмами, які здатні використовувати як поживне середовище багато органічних і деякі неорганічні забруднення, що містяться в стічних водах. У процесі біологічного очищення стічних вод частина забруднень, що окислюються мікроорганізмами, використовується в процесах біосинтезу (утворення біомаси), а інша частина перетворюється на нешкідливі продукти окислення: воду, CO_2 , NO_3 та інші. Принципи дії сучасних апаратів і споруд біологічного очищення стічних вод базується на методах безперервного культивування мікроорганізмів.

Широке використання біологічних методів для очищення зумовлене їх перевагами: можливістю видаляти зі стічних вод різноманітні органічні сполуки, в тому числі токсичні; простотою апаратурного оформлення; відносно невеликими експлуатаційними витратами. До недоліків методу слід віднести високі капітальні витрати, необхідність суворого дотримання технологічного режиму очищення, токсичну дію на мікроорганізми ряду органічних і неорганічних сполук, необхідність розбавляти стічні води у випадках високих концентрацій домішок.

Споруди, призначені для біологічного очищення стічних вод, поділяють на дві групи. До першої групи належать споруди, в яких очищення води проводиться в умовах, близьких до природних: поля зрошення та поля фільтрації, споруди підземної фільтрації та біоочисні ставки. У другій групі споруд очищення проводиться в штучно створених умовах у біологічних фільтрах та аеротенках.

Полями зрошення називають спеціально підготовлені та сплановані земельні ділянки, що призначені для очищення стічних вод і одночасного використання цих ділянок для сільськогосподарських цілей.

Поля фільтрації — земельні ділянки, що призначені лише для очищення стічних вод без вирощування на них сільськогосподарських культур.

Суть процесу очищення стічних вод у ґрунті полягає в тому, що при фільтруванні стічних вод через ґрунт його верхньому шарі затримуються завислі та колоїдні речовини, які утворюють на поверхні частинок ґрунту

густонаселену мікроорганізмами плівку. Ця плівка адсорбує своєю поверхнею розчинені органічні речовини, що знаходяться в стічних водах. Мікроорганізми використовують кисень атмосфери при окисленні забруднень і переводять ці забруднення на мінеральні. Інтенсивне окислення проходить у верхніх (0,2-0,4 м) шарах ґрунту. У глибші шари надходження кисню досить обмежене, і тому процеси окислення там відбуваються значно повільніше. Ґрунтові води на території, що використовується для полів, повинні знаходитись не вище ніж 1,5 м від поверхні.

Ступінь очищення побутових стічних вод на полях зрошення та фільтрації в середньому складає 95 - 98 % за завислими речовинами та БПК_{повне}.

Біоочисні ставки застосовують для очищення або доочищення стічних вод. Окислення органічних домішок проходить під дією мікроорганізмів. Для очищення використовують анаеробні або аеробні ставки. В свою чергу, аеробні ставки можуть бути з природною або примусовою аерацією. В ставках з природною аерацією тривалість обробки стічних вод залежить від виду та концентрації домішок і коливається в межах 7-60 діб. Ставки з примусовою аерацією мають значно менший об'єм і потрібний ступінь очищення води в них досягається за 1-3 доби.

Біоочисні ставки використовуються переважно для доочищення стічних вод, що пройшли споруди біологічного очищення. Доочищення дозволяє покращити санітарно-гігієнічні показники очищеної води, знижує концентрацію забруднень, підвищує концентрацію розчиненого кисню у воді.

Біофільтри використовують для часткового або повного біологічного очищення стічних вод з доведенням БПК_{повне} до 15 мг/л. Біофільтр – це споруда (рис. 5.7), завантажена фільтруючим матеріалом, на поверхні якого розвиваються мікроорганізми (біоплівка).

При проходженні стічної води через завантаження біофільтру забруднення адсорбуються біоплівкою і окислюються мікроорганізмами в присутності кисню повітря. У товщі біофільтру безперервно відбувається приріст і відмирання мікроорганізмів. Очищена вода з частинками змертвої

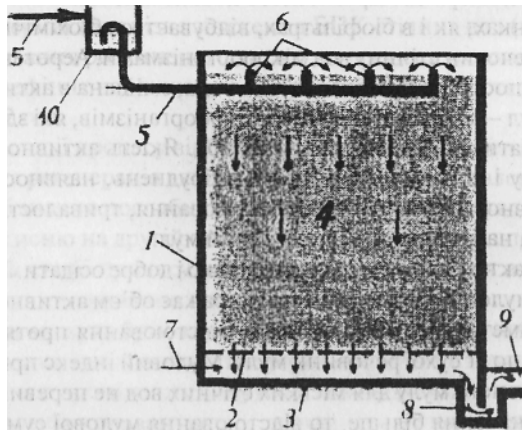


Рис. 5.7. Біофільтр:

1 — огорожувальні стіни; 2 — дірчасте дно; 3 — суцільне дно; 4 — фільтруюче завантаження; 5 — подача води; 6 — розподільний пристрій; 7 — подача повітря; 8 — гідравлічний затвір; 9 — водовідвідний лоток; 10 — дозуючий пристрій з сифоном

біоплівки надходить до вторинних відстійників. Основними мікроорганізмами, що окислюють забруднення стічних вод, є бактерії. Крім того, мікрофлора та мікрофауна біоплівки представлені різними пліснявими грибами, черв'яками, комахами тощо. Для завантаження біофільтру використовують щебінь, гравій, керамзит, шлак, керамічні, азбестоцементні, пластмасові елементи, металеві сітки, синтетичні плівки та ін. Звичайно висота завантаження приймається 1,5-4 м, але може бути і значно більшою.

Розрізняють біофільтри з природною та примусовою аерацією. За пропускною здатністю біофільтри поділяють на крапельні (малої потужності — до $1000 \text{ м}^3/\text{добу}$) та високонавантажені (до $50000 \text{ м}^3/\text{добу}$).

Надійна робота біофільтрів може бути досягнута лише при рівномірному зрошуванні стоками його поверхні. Зрошування здійснюється спеціальними розподільчими пристроями рухомого або нерухомого типу (дірчасті труби, спеціальні розбризкувачі, реактивні зрошувачі).

Ступінь очищення стічних вод у біофільтрах переважно залежить від складу стічних вод, висоти завантаження, температури стоків, питомої кількості повітря та гідравлічного навантаження.

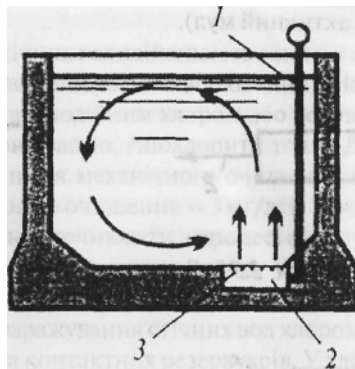


Рис.5.8. Аеротенк з пневматичною аерацією:

1 — повітряний стояк; 2 — фільтросний канал; 3 - фільтросні пластини

Процес біологічного очищення стічних вод в аеротенку можна поділити на три стадії. На *першій*, початковій, стадії одразу після змішування свіжих стічних вод з активним мулом відбувається адсорбція останнім забруднень стічних вод та окислення легкоокислюваних речовин. У результаті спостерігається різке зниження БПК стічних вод (на 40-80 %) і повне споживання розчиненого кисню на процеси окислення, і, таким чином, його дефіцит наближається до одиниці. Перша стадія, зазвичай, триває 0,5-2 год.

На *другій* стадії процесу відбувається окислення повільноокислюваних речовин і регенерація активного мулу, тобто відновлення його властивостей, які значно послабилися наприкінці першої стадії. Швидкість споживання кисню на другій стадії значно нижча, ніж на першій.

На *третьій* стадії процесу відбувається нітрифікація амонійних солей і швидкість споживання кисню знову зростає.

Аеротенки можуть бути класифіковані за гідравлічним режимом їх роботи (аеротенки ідеального витиснення, аеротенки ідеального змішування, аеротенки проміжного типу) або за величиною навантаження на активний мул (високонавантажені, звичайні та низьконавантажені). Як правило, високонавантажені забезпечують неповне очищення, а низьконавантажені при повному очищенні забезпечують самоокислення надлишкового активного мулу.

З аеротенків суміш води та активного мулу спрямовується до вторинних

відстійників для осідання (відокремлення) активного мулу. В процесі очищення стічних вод об'єм активного мулу збільшується за рахунок приросту його біомаси. Частина активного мулу безперервно перекачується в аеротенки для підтримання необхідної концентрації (циркулюючий активний мул), а решта направляється в мулоущільнювачі (надлишковий активний мул).

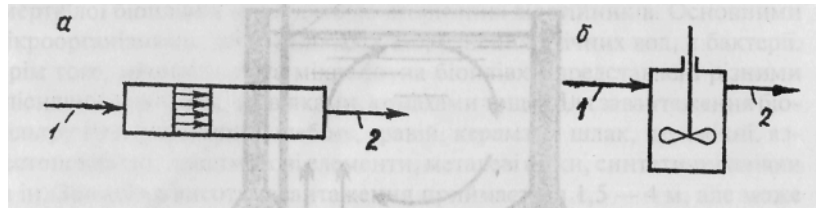


Рис.5.9. Схеми аеротенків:
а — ідеального витиснення; б — ідеального змішування

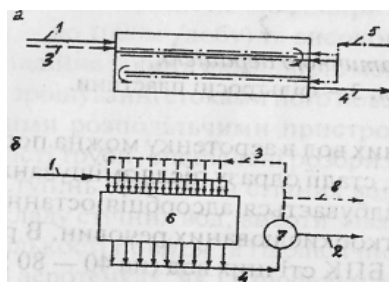


Рис. 5.10. Схеми роботи аеротенків:

а — коридорного ідеального витиснення; б — змішувача з розсіюючою подачею стічних вод і активного мулу: 1 — подача стічних вод; 2 — очищена вода; 3 — циркуляційний мул; 4 — мулова суміш; 5 — повітря; 6 — аеротенк; 7 — вторинний відстійник; 8 — надлишковий мул

Досить часто циркуляційний активний мул містить неокислені забруднення, і тому цей мул направляють у регенератори, де окислюються забруднення та відновлюється сорбційна здатність активного мулу. Як правило, під регенератори відводять частину аеротенку. Окремі споруди, в яких проходить мінералізація активного мулу, називають аеробними мінералізаторами.

Якщо суміш стічних вод з активним мулом аерувати довше, ніж звичайно, об'єм активного мулу зростає спочатку до максимуму, а згодом зменшується і досягає початкових величин. Таке трапляється тому, що частина активного мулу при тривалій аерації встигає мінералізуватись (самооокислитись). Цей процес називається повним окисленням або продовженою аерацією. Аеротенки дозволяють досягти високого ступеня очищення стічних вод із доведенням вмісту органічних речовин в очищених

стічних водах до 15 мг/л за БПК_{повне}. Об'єм аеротенку визначають за середньогодинним припливом стічних вод за період аерації в години максимального припливу. Існуючі методи розрахунку аеротенків враховують процес біологічного очищення в них до початку стадії нітрифікації. Тривалість аерації міських стічних вод при цьому становить близько 6-8 год. Витрати циркуляційного активного мулу при розрахунку об'єму вторинних відстійників та аеротенків без регенераторів не враховуються.

§ 5.5. Знезаражування і випуск очищених стічних вод

Знезаражування стічних вод здійснюють з метою знищення патогенних бактерій (тих, що викликають захворювання). Найчастіше знезаражування здійснюють газоподібним хлором або речовинами, що містять активний хлор — хлорне вапно, гіпохлорити тощо. Доза хлору для дезинфекції стічних вод після механічного очищення становить 10 мг/л, після повного біологічного очищення — 3 мг/л. У кожному окремому випадку ці дози потрібно уточнювати в процесі експлуатації з таким розрахунком, щоб кількість залишкового хлору у знезараженій воді після контакту не перевищувала 1,5мг/л.

Установка для знезаражування стічних вод хлором складається з хлораторної, змішувачів і контактних резервуарів. У хлораторній встановлюють хлоратори або інше обладнання для отримання хлорної води. Для змішування хлорної води зі стічною використовують змішувачі будь-якого типу. Контактні резервуари для забезпечення необхідного бактерицидного ефекту розраховують на тридцятихвилинний контакт води з хлором. Резервуари проектують як первинні відстійники, і осад з них направляють на мулові майданчики.

Випуски призначені для перемішування очищеної та знезараженої води з водою водойми. Конструкція випуску має забезпечувати добре перемішування стічних вод з водою водойми, що дозволяє краще використати самоочищуючу здатність останньої.

Випуски бувають зосереджені, коли стічні води випускаються через один отвір, і розсіюючі, коли є декілька випускних отворів. Розрізняють також берегові та руслові випуски.

Вибір конструкції випуску і місце його розташування визначається техніко-економічними розрахунками.

§ 5.6. Методи та споруди для обробки, зневоднення, знезаражування та утилізації осадів стічних вод

На каналізаційних очисних станціях утворюється значна кількість осадів. Вони випадають у первинних відстійниках, а також отримуються при біологічному очищенні стічних вод у вигляді біологічної плівки після біофільтрів або надлишкового активного мулу після аеротенків.

Осад, що видаляють з первинних відстійників, називають «*сирим*». Він має сірий колір і містить 92-96 % води. Його об'ємна вага становить від 1,004 до 1,01 т/м³. У складі осадів побутових стічних вод міститься до 80 % органічних речовин. Відсоток вмісту органічних речовин в осадах міських стічних вод залежно від домішок виробничих стічних вод може коливатися від 65 до 85 %. Органічна частина осаду приблизно на 80 % складається з вуглеводів, жироподібних речовин та білків. В осаді міститься до 3,5 % азоту, до 1,4 % фосфору та до 0,2 % калію, що характеризує його як цінне органічне добриво.

Сирий осад становить небезпеку в санітарному відношенні, оскільки він може загнивати, виділяти гази, створювати сприятливі умови для розвитку бактерій, у тому числі хвороботворних, а також містить яйця гельмінтів. Тому перед утилізацією осад має бути стабілізованим і знешкодженим. Для цього використовують аеробне зброджування з використанням аеробних бактерій (аеробні стабілізатори) та анаеробне зброджування за участю анаеробних бактерій (метантенки, септики, двоярусні відстійники). При анаеробному зброджуванні розпад органічних речовин осаду відбувається в дві фази.

Перша фаза характеризується утворенням значної кількості жирних кислот (мурашиної, оцтової, масляної тощо). Крім того, в цій фазі

утворюються вуглекислота, спирти, амінокислоти, аміак, сірковуглець. Активна реакція середовища рН менша за 7, тому перша фаза носить назву «кислого» бродіння. Вона здійснюється анаеробними бактеріями типу дріжджів, маслянокислими, пропіоновими, бутиловими бактеріями тощо. В результаті кислого бродіння осад майже не зменшується в об'ємі, погано підсихає, неприємно пахне та може загнивати.

Друга фаза характеризується руйнуванням утворених на першій фазі кислот з виділенням вуглекислоти, метану та у невеликих кількостях — водню й окису вуглецю. Активна реакція рН становить 7-8, тому ця фаза має назву *лужного*, або метанового бродіння. Збудниками другої фази є метаноутворюючі анаеробні бактерії. Зброджений чи зрілий осад після другої фази бродіння підсушується на мулових майданчиках. Він має чорний колір через вміст сульфідів заліза та гумінових речовин; для зрілого осаду характерний слабкий запах сургучу або асфальту.

Вміст органічних речовин у збродженому осаді зменшується з 80-75 % до приблизно 50 %. Кінцевими продуктами розпаду жирів є вуглекислота та метан, тобто ці компоненти органічної частини осаду газифікуються. При розпаді білків лише частина утворених продуктів переходить на газ, решта — зв'язується між собою чи з іншими компонентами та залишається в розчині.

Залежно від місцевих умов, потужності станції та схеми очищення збродження органічного осаду застосовують септики, двоярусні відстійники, метантенки та інші споруди.

Для очищення стічних вод і обробки осаду при добовій витраті стічних вод до 25 м³/добу рекомендується використовувати септики, від 25 до 10000 м³/добу — двоярусні відстійники. При більшій потужності застосовують метантенки або аеробні стабілізатори.

Вологість осаду стічних вод з первинних відстійників складає 93,8-95,0%, а з вторинних: після аеротенків – 99,2-99,7 %, після біофільтрів – 96-96,5 %.

Септики – це прямокутні або круглі в плані проточні резервуари, в яких проходить прояснення стічної води та збродження осаду. Час перебування

стічної рідини в септику – 1-3 доби, а час зброджування осаду, що випав, - 6-12 місяців.

Дворярусні відстійники також служать для прояснення стічної води і зброджування осаду, що випав. Дворярусний відстійник має у верхній частині проточні лотки, а в нижній – септичну камеру. Час зброджування осаду в дворярусних відстійниках – 2-6 місяців. За цей період розкладається 40-50 % органічної речовини.

Метантенк — це круглий або прямокутний в плані резервуар, в якому зброджується осад з відстійників або надлишковий активний мул. Процес розкладу органічної речовини в метантенку проходить, як і в септичній камері дворярусного відстійника, але з більшою інтенсивністю завдяки підігріву та перемішуванню.

Метанове бродіння стічних вод може відбуватися в *мезофільних* умовах, якщо температура зброджуваної маси не перевищує 35°C, чи в *термофільних* умовах, якщо температура зброджуваного осаду підтримується в межах 45-65°C. Кожен із цих видів бродіння забезпечується діяльністю відповідних анаеробних бактерій — мезофільних і термофільних. Для мезофільного бродіння оптимальною є температура 33°C, а для термофільного — 53°C.

У метантенках ступінь розкладу органічної речовини складає в середньому 40 %, що є достатнім. Осад при цьому втрачає гнилий запах, набуває однорідної пористої структури, добре віддає, при підсушуванні, вологу. Зброджений осад містить азот, фосфор, калій, які добре засвоюються рослинами, і тому осад використовують у сільському господарстві як добриво.

§ 5.7. Споруди глибокого очищення стічних вод

Споруди повного біологічного очищення забезпечують ступінь очищення до 15-20мг/л за БПК_{повнс} очищеної води. У ряді випадків, як при скиданні у водойми, так і при повторному використанні води, такий ступінь очищення не задовольняє вимоги органів держнагляду. В такому разі передбачається доочищення (глибоке очищення) стічних вод.

Для доочищення використовують біологічні ставки, фільтри, мікрофільтри та споруди фізико-хімічного очищення стічних вод.

При використанні фільтрів для доочищення біологічно очищених стічних вод забезпечується зниження забруднень у воді за завислими речовинами на 70-75 %, за БПК_{повне} - на 50-60 %. Застосування мікрофільтрів для тих же вод дозволяє отримати дещо меншу глибину доочищення – відповідно за завислими речовинами — 50-60 %, за БПК — 25-30 %. Для доочищення застосовують фільтри зі звичайним зернистим і плаваючим завантаженням.

За наявності значних площ для доочищення можуть застосовуватись біологічні ставки, що забезпечують зниження БПК_{повне} до 4-6 мг/л. Перевагами застосування біологічних ставків (особливо з природною аерацією) є простота їх облаштування й обслуговування, мінімальні експлуатаційні витрати. Якщо біоставки додатково засаджені культурами вищих водних рослин (очерет, елодея, рогоза тощо), це підвищує надійність роботи споруди.

Достатньо широке практичне застосування для доочищення біологічно очищених стічних вод знайшли реагентні методи, що дозволяють вирішувати завдання прояснення води, зниження БПК та видалення фосфору, одного з біогенних елементів, який зумовлює евтрофікацію водойм та інтенсивне біологічне обростання трубопроводів і обладнання. Технологічні схеми реагентного доочищення стічних вод, як правило, аналогічні тим, що застосовуються у водопостачанні для очищення води із природних джерел. В якості реагентів використовуються сірчаноокислий алюміній, алюмінат натрію, хлорне залізо, сульфати дво- та тривалентного заліза, кремнієва кислота, вапно, синтетичні флокулянти різних видів.

Якість стічних вод, доочищених за допомогою коагулянтів, може бути поліпшена при подальшій сорбції залишкових забруднень на активному вугіллі і цеолітах, а також при використанні окислювальних методів із застосуванням озону, хлору та інших сильних окислювачів.

Література:

1. Будівництво та цивільна інженерія. Магістерський курс : навчальний посібник / О. В. Дзюбинська, С. Я. Дробилинець, Д. Я. Кислюк та ін. Луцьк : ЛНТУ, 2023. 675 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0058066.pdf>.
2. Волошин М. Д., Шестозуб А. Б., Гуляєв В. М. Устаткування галузі і основи проектування : підручник. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2004. 371 с.
3. Волошкевич П. П., Бойко О. О., Базишин П. А., Мацура Н. О. Технічне креслення та комп'ютерна графіка : навчальний посібник. Київ : Кондор-Видавництво, 2017. 234 с.
4. ДСТУ Б А.2.4-2:2009. Умовні графічні зображення та умовні позначки елементів генеральних планів та споруд транспорту. На заміну ДСТУ Б А.2.4-2-95 (ГОСТ 21.204-93) ; чинний від 2010-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.
5. Інженерна графіка : навчальний посібник / уклад. В. І. Ковбашин, А. І. Пік. Тернопіль : Підручники і посібники, 2023. 240 с.
6. Інженерна та комп'ютерна графіка: практикум для навчання в умовах інформаційно-освітнього середовища: навч. посіб. / Д. В. Бабенко, Н. А. Доценко, О. А. Горбенко, С. М. Степанов. Миколаїв: МНАУ, 2020. 256 с. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8072>
7. Козяр М.М., Фещук Ю.В. Комп'ютерна графіка: AutoCAD : навчальний посібник. Херсон : Грінь Д.С., 2024. 304 с.
8. Колякова В. М. Будівельні конструкції : конспект лекцій. Київ : Видавництво Ліра-К, 2021. 146 с.
9. Кравченко І. В., Микитенко В. І. Розробка конструкторської документації в середовищі AutoCAD Mechanical : навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 342 с.
10. Лютова О. В., Скоробогата М. В., Бовкун С. А. Вплив технологічних особливостей виготовлення деталей на методику нанесення розмірів : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. 88 с.

11. Організація будівництва : навчальний посібник / уклад. : О. В. Лізунков, В. В. Дарієнко, І. О. Скриннік. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 145 с. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/4f0c981d-dc67-46b8-9889-6102d17279cd/content>.
12. Про затвердження порядку розроблення проектної документації на будівництво об'єктів : наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 16.05.2011 № 45 ; станом на 08 грудня 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0651-11>.
13. Пустюльга С. І., Самостян В. Р. Машинобудівне креслення : навчальний посібник. Луцьк : Луцький НТУ, 2015. 275 с.
14. Технологія будівельного виробництва : конспект лекцій / уклад. : Ю. Т. Собко., Є. В. Новак. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2022. 122 с. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/6212>.
15. Bethune J., Byrnes D. Engineering Graphics with AutoCAD 2023. Peachpit Press, 2022. 832 p.

Допоміжна література

1. Колосова О. П., Баскова Г. В., Лазарчук М. В. Навчальні завдання з нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки для програмованого навчання : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 94 с.
2. Костюкова Т. І. Інженерна графіка: практикум : навчальний посібник. Львів : Новий Світ–2000, 2025. 365 с.
3. Надкернична Т. М., Лебедева О. О. Курс комп'ютерної графіки в середовищі AutoCAD. Теорія. Приклади. Завдання : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 191 с.
4. Пустюльга С. І., Самчук В. П., Воробчук М. С. Інженерна та комп'ютерна графіка : навчальний посібник. Луцьк : Просто Друк, 2024. 324 с.
5. Браїлов О. Ю. Інженерна геометрія : підручник. Київ : Каравела, 2023. 516 с.
6. Ванін В. В., Ковальов С. М., Михайленко В. Є. Інженерна та комп'ютерна

графіка : підручник. Київ : Каравела, 2018. 360 с.

7. Воронцов Б. С., Бочарова І. А. Нарисна геометрія : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 187 с.

8. Kernytsky I, Hlinenko L, Yakovenko Y, Horbay O, Koda E, Rusakov K, Yankiv V, Humenuyk R, Polyansky P, Berezovetskyi S, Kalenik M, Szlachetka O. Problem-Oriented Modelling for Biomedical Engineering Systems. Applied Sciences. 2022; 12(15):7466. <https://doi.org/10.3390/app12157466>.

9. Nykyforov A., Antoshchenkov, R., Halych, I., Kis, V., Polyansky, P., Koshulko, V., Tymchak, D., Dombrovska, A., & Kilimnik, I. (2022). Construction of a regression model for assessing the efficiency of separation of lightweight seeds on vibratory machines involving measures to reduce the harmful influence of the aerodynamic factor. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(1 (116), 24–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253657>.

Навчальне видання

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 18,0.

Тираж 30 прим. Зам. №

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул. Г. Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.