

Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов

**МОНТАЖ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО
ТА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОГО
ОБЛАДНАННЯ**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов

**МОНТАЖ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО
ТА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОГО
ОБЛАДНАННЯ**

*Електронний навчальний посібник комбінованого
(локального та мережного) використання*

Вінниця
ВНТУ
2022

УДК 621.185:624.643
C79

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 6 від 27.01.2022 р.)

Рецензенти :

С. Й. Ткаченко, доктор технічних наук, професор

В. В. Джеджула, доктор економічних наук, професор

В. А. Волощук, доктор технічних наук, професор

Степанова, Н. Д.

C79 Монтаж теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 118 с.

В посібнику розглянута технічна документація для виконання монтажних робіт, особливості організації монтажу теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання, наведена технологія зведення фундаментів, монтажу котлоагрегатів, турбогенераторів, насосного, вентиляторного та іншого допоміжного обладнання теплоенергетичних об'єктів. Розглянуто календарний план, тривалість та трудомісткість будівельно-монтажних робіт. В посібнику наведено лекційний матеріал, приклади розв'язання типових задач, завдання для самостійної роботи студентів, необхідні довідкові дані.

УДК 621.185:624.643

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| ЗМІСТ..... | 3 |
| ПЕРЕДМОВА..... | 5 |
| 1 Загальні відомості, підготовка та організація виконання монтажних робіт теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання..... | 6 |
| 1.1 Склад технічної документації для виконання робіт по монтажу теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання..... | 7 |
| 1.2 Монтажні елементи систем теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання. Виготовлення монтажних елементів. | 11 |
| 1.3 Виконання замірів з натури та розробка монтажних проектів теплоенергетичних та теплотехнологічних систем | 13 |
| 1.4 Підготовка та організація виконання монтажних робіт. Проект виконання монтажних робіт..... | 14 |
| 1.5 Методи організації монтажних робіт..... | 18 |
| 1.6 Обладнання та механізми для монтажних робіт | 18 |
| 1.7 Приймання обладнання під монтаж..... | 36 |
| 1.8 Виробничо-технологічна комплектація об'єкта монтажу | 36 |
| 1.9 Передмонтажна ревізія обладнання..... | 37 |
| 1.10 Приклади розв'язання задач | 38 |
| 1.11 Завдання для самостійного роботи студентів | 39 |
| 1.12 Контрольні запитання..... | 40 |
| 2 Технологія монтажу теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання | 42 |
| 2.1 Опори і фундаменти | 42 |
| 2.2 Розмічальні роботи | 44 |
| 2.3 Технологія монтажу котельних агрегатів та турбоустановок..... | 45 |
| 2.4 Технологія монтажу обладнання котельних установок: теплообмінники, насоси, димососи, вентилятори, деаератори | 56 |
| 2.5 Виготовлення та монтаж трубопроводів котелень та ТЕС..... | 67 |
| 2.6 Технологія монтажу димових труб..... | 86 |
| 2.7 Контрольні запитання..... | 94 |
| 3 Планування робіт по монтажу теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання | 97 |
| 3.1 Нормування тривалості будівельно-монтажних робіт. Календарне планування монтажних робіт | 97 |
| 3.2 Випробування, приймання систем і здача робіт..... | 100 |
| 3.3 Заходи з охорони праці під час монтажних робіт | 104 |
| 3.4 Приклади розв'язання задач | 107 |

| | |
|--|-----|
| 3.5 Завдання для самостійного роботи студентів | 108 |
| 3.6 Контрольні запитання..... | 109 |
| ЛІТЕРАТУРА | 111 |
| Додаток А | 114 |
| Додаток Б | 117 |

ПЕРЕДМОВА

Даний навчальний посібник призначений для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 144 – Теплоенергетика. Посібник підготовлений відповідно до навчального плану та навчальної програми дисциплін «Монтаж теплотехнологічних установок» та «Проектування і монтаж теплоенергетичних систем».

Викладений матеріал дозволить студентам готуватись до лекційних та практичних занять, виконувати розрахунки в рамках підготовки курсового проєкту з дисциплін, бакалаврської та магістерської кваліфікаційних робіт.

До кожного розділу підготовлений перелік контрольних запитань, приклади розв'язання типових задач та завдання для самостійної роботи студентів.

Значна увага приділена підготовці монтажної документації, розробці проєкту виконання монтажних робіт, вибору методів організації монтажних робіт, підбору необхідного обладнання, механізмів та пристроїв для виконання монтажних робіт.

Авторами розглянуті особливості технології монтажу теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання, в тому числі влаштування фундаментів під обладнання, послідовність та об'єми робіт по монтажу котлоагрегатів, турбогенераторів, нагнітачів, теплообмінного та іншого допоміжного теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання.

В навчальному посібнику надані рекомендації по розробці календарного плану виконання монтажних робіт, розрахунку тривалості та трудомісткості будівельно-монтажних робіт, наведений порядок випробувань та пуску в експлуатацію змонтованого теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання.

В тексті наведені посилання на нормативні документи для визначення об'ємів монтажних робіт, підбору допоміжного обладнання та матеріалів.

Автори вдячні рецензентам за корисні поради і зауваження в процесі рецензування і підготовки рукопису.

Автори

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ, ПІДГОТОВКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

До монтажних робіт відноситься монтаж обладнання промислових підприємств, підйомно-транспортного обладнання, електротехнічного обладнання, технологічних трубопроводів і металоконструкцій.

Виробничий процес монтажу обладнання – сукупність взаємопов'язаних дій над виробами машинобудування (машинами, механізмами, апаратами та їх вузлами), в результаті якої окремо створюється змонтований агрегат, промислові лінії, технологічні установки.

Монтажно-технологічний процес – це частина монтажно-виробничого процесу, пов'язана із послідовною зміною просторового положення елементів монтованих агрегатів. Монтажно-технологічні процеси поділяють на підготовчі, основні та пусконаладжувальні.

В загальному випадку характерні наступні орієнтовні витрати часу на процес монтажу: підготовчі роботи – 29 %; підйомно-транспортні роботи – 14% (в тому числі такелажні – 7%); основні механозбірні роботи – 42% (в тому числі встановлення, перевірка, закріплення – 31%); допоміжні (не включаючи укрупнювальне збирання) – 7%; випробування і здача у експлуатацію – 8%.

Монтажні підготовчі технологічні процеси складаються із вантажно-розвантажувальних і транспортних операцій, укрупнювального збирання обладнання та великих вузлів металоконструкцій, що здійснюються поза зоною їх встановлення.

До *монтажних (основних) робіт* відноситься:

- перевірка фундаментів і приймання їх під монтаж (після будівельників);
- встановлення фундаментних болтів і закладних частин;
- перевірка комплектності обладнання і приймання його під монтаж;
- розбирання обладнання, очищення від консервативного змащування, промивання, огляд частин і їх змащування, укрупнювальне збирання обладнання, яке доставляється частинами;
- піднімання і переміщення обладнання або його вузлів в межах монтажної зони;
- встановлення обладнання в проектне положення (монтаж);
- вивіряння і кріплення обладнання до фундаментів;
- збирання і встановлення металоконструкцій, трубопроводів, контрольно-вимірювальної і регулювальної апаратури, огорожень, заправлення мастильними матеріалами тощо.

До важливих процесів монтажу, особливо великогабаритного обладнання, відносять *такелажні роботи*:

- горизонтальне, вертикальне і похиле переміщення обладнання;

- встановлення, зняття і переміщення такелажних засобів (щогл, порталів і лебідок).

Комплексне випробування обладнання – роботи, що забезпечують перевірку відповідності змонтованого обладнання технічним умовам. Перевіряють герметичність і міцність стиків, точність встановлення вузлів і деталей, робота обладнання на холостому ході і під навантаженням.

Налагоджування – підготовка обладнання до виконання визначеного технологічного процесу в складі лінії або установки сумісно з приладами контролю, автоматичного регулювання та керування.

Продукцією механомонтажного виробництва є комплекс змонтованого на об'єкті технологічного, підйомно-транспортного та енергетичного обладнання, технологічних трубопроводів та металоконструкцій.

Основна відмінність монтажу від збиральних робіт у тому, що продукція монтажного виробництва закріплюється нерухомо на місці її експлуатації. Монтаж обладнання характеризується великою тривалістю, трудомісткістю і високою вартістю.

Територія, на якій ведуться роботи з монтажу, називається *монтажною зоною*. Монтажна зона є робочим місцем монтажника.

Монтажний майданчик – територія, де виконуються роботи з монтажу усіх машин, агрегатів, технологічного обладнання, трубопроводів і металоконструкцій об'єкту будівництва.

1.1 Склад технічної документації для виконання робіт по монтажу теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання

Продуктивність та якість монтажних робіт в значній мірі визначається комплектністю та якістю проектно-технічної документації, яку можна розділити на дві групи: проектно-кошторисна документація на монтаж обладнання та проектно-технологічна документація.

Проектно-кошторисна документація складається із робочих креслень і кошторисів та видається монтажній організації в двох екземплярах.

До складу основного комплексу робочих креслень включають: загальні дані по робочих кресленнях; креслення (плани та розрізи) розташування обладнання; схему трубопроводів; креслення (плани та розрізи) розташування трубопроводів; креслення (плани, розрізи та схеми) тепломеханічних установок.

Рекомендовані масштаби зображень на кресленнях наведені у табл. 1.1 [1].

Загальні дані за робочими кресленнями включають: відомість робочих креслень основного комплексу; відомість документів, на які посилаються та які додаються; відомість основних комплектів робочих креслень; відомість специфікацій (за наявності в основному комплекті кількох схем розташування); умовні позначення, не встановлені державними стандартами, і зна-

чення яких не вказані на інших аркушах основного комплексу робочих креслень; загальні вказівки [2]; основні показники за робочими кресленнями (де для котелень вказують витрати теплоти на опалення та вентиляцію, гаряче водопостачання, технологічні цілі, загальну витрату теплоти і встановлену потужність електродвигунів для кожного розрахункового режиму роботи котельні). У загальних вказівках, що входять до складу загальних даних за робочими кресленнями марки ТМ, у доповнення до відомостей, що передбачені [2], наводять: характеристики установок (блоків); розрахункові параметри зовнішнього повітря; дані про середовище, що транспортується (найменування, витрати, параметри); вид палива; вимоги до виготовлення, монтажу, випробування, антикорозійного захисту та теплової ізоляції трубопроводів, повітроводів та газоходів; особливі вимоги до установок (вибухобезпека, кислотостійкість тощо) [1].

Таблиця 1.1 – Масштаби зображень на робочих кресленнях

| Найменування зображення | Масштаб |
|---|-----------------------|
| Плани та розрізи креслень розташування обладнання та трубопроводів, аксонометричні проєкції схем трубопроводів | 1:50; 1:100; 1:200 |
| Плани та розрізи креслень установок, фрагменти креслень розташування обладнання та трубопроводів (плани та розрізи) | 1:20; 1:50; 1:100 |
| Вузли | 1:10; 1:20; 1:50 |
| Вузли при детальному зображенні | 1:2; 1:5 |
| Ескізні креслення загальних видів нетипових виробів | 1:5; 1:10; 1:20; 1:50 |

На планах та розрізах креслень розташування обладнання згідно [1] повинно бути показано: координаційні осі будівлі (споруди) та відстані між ними; будівельні конструкції; позначки чистих підлог поверхів та основних майданчиків; розмірні прив'язки обладнання, установок (блоків) до координаційних осей чи елементів конструкцій будівлі (споруди); позиційні позначки (марки) обладнання, установок (блоків), повітроводів (газоходів) на полиці лінії-виноски. На планах, крім того, вказують найменування приміщень та категорії приміщень за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою (у прямокутнику розміром 5 мм x 8 мм), а на розрізах - позначки рівнів основних елементів обладнання, установок (блоків).

Схему трубопроводів (далі – схема) виконують без додержання масштабу, дійсне просторове розташування обладнання та трубопроводів враховують наближено. Обладнання, трубопроводи, арматуру та інші пристрої на схемі вказують умовними графічними зображеннями (додаток А). За необхідності, обладнання на схемі зображують спрощеним зовнішнім обрисом.

На схемі згідно [1] повинно бути показано: обладнання, трубопроводи, арматуру та інші пристрої; літерно-цифрові позначки трубопроводів, як правило, у розривах ліній трубопроводів; діаметри трубопроводів; позиційні

позначки (марки) обладнання; діаметри та тип спеціальної арматури, за необхідності (сталевий, з електроприводом тощо); напрямок потоку середовища, що транспортується. На схемі, що виконана в аксонометричній проекції, у доповнення до відомостей, показаних вище, вказують: позначки рівня осей трубопроводів; уклони трубопроводів; розміри горизонтальних ділянок трубопроводів (за наявності розривів) [1].

На планах та розрізах креслень розташування трубопроводів згідно [1] повинні бути нанесені та вказані: координатні осі будівлі (споруди) та відстані між ними; обладнання, установки (блоки); будівельні конструкції; позначки чистих підлог поверхів та основних майданчиків; розмірні прив'язки обладнання, установок (блоків), трубопроводів, опор (кріплень) та компенсаторів до координатних осей або елементів конструкцій будівель (споруд); позиційні позначки (марки) обладнання, установок (блоків); позиційні позначки арматури, закладних конструкцій, опор (кріплень) трубопроводів та інших пристроїв; літерно-цифрові позначки трубопроводів; діаметри трубопроводів; позначку уклону трубопроводу; довжину прямої ділянки трубопроводу за наявності звужувального пристрою. На розрізах, крім того, вказують позначку рівнів осей трубопроводів.

У специфікації до креслень розташування трубопроводів виробу повинні бути записані за групами: арматура; інші вироби; закладні конструкції; трубопроводи по кожному діаметру.

Якщо тепломеханічна установка містить більше двох складових частин (елементів установки), необхідно показати способи кріплення складових частин установки між собою або до опорних конструкцій, якщо відсутні типові монтажні креслення установки, розробляються креслення таких тепломеханічних установок.

На планах та розрізах креслень установок за [1] наносять та вказують: координатні осі будівлі (споруди) та відстані між ними; розміри прив'язки установок до координатних осей або до елементів конструкцій будівлі (споруди); відмітки чистих підлог поверхів (майданчиків); основні розміри та відмітки рівнів елементів установок; довжину прямої ділянки трубопроводу за наявності звужувального пристрою; діаметри трубопроводів та їх літерно-цифрові позначки; позиційні позначки обладнання, арматури, закладних конструкцій та інших пристроїв. Окрім елементів установок на планах та розрізах ще і вказують будівельні конструкції.

Ескізні креслення загальних видів нетипових виробів виконують згідно з [3] з урахуванням вимог [1]. Такі креслення розробляються на вироби за відсутності їх серійного виробництва або типових креслень. Ескізне креслення визначає вихідну конструкцію нетипового виробу, містить спрощене зображення, основні параметри та технічні вимоги до виробу в обсязі вихідних даних (завдання), що необхідні для розробки конструкторської документації.

До кожного комплекту креслень робочої документації складається спе-

цифікація, в якій обладнання, вироби та матеріали викладаються в наступній послідовності: обладнання (тепломеханічне обладнання, установки (блоки), повітроводи (газоходи); вироби та матеріали (арматура, інші вироби, закладні конструкції, трубопроводи по кожному діаметру, конструкції теплоізоляційні, матеріали).

Проектно-технологічна документація (ПТД) передбачає заходи із забезпечення комплексної безпеки будівництва згідно з [4]:

а) дотримання під час підготовки і виконання будівельних робіт вимог з охорони праці та усіх видів промислової безпеки відповідно до [5];

б) підтримання в процесі будівництва показників міцності і стійкості конструкцій та основ об'єкта будівництва в цілому та об'єктів прилеглої забудови;

в) дотримання безпечних умов експлуатації об'єктів прилеглої забудови відповідно до [6];

г) дотримання вимог до виконання будівельних робіт в умовах діючого підприємства при здійсненні реконструкції, капітального ремонту або технічного переоснащення;

д) захист об'єкта будівництва, прилеглої території та забудови від впливу несприятливих природних або техногенних факторів;

е) ліквідацію негативного техногенного впливу будівництва на навколишнє середовище у разі виявлення його засобами моніторингу;

ж) безпечне розміщення на будівельному майданчику виробничих та побутових приміщень і споруд для обслуговування будівництва, безпечне облаштування робочих місць, забезпечення проїзду і обслуговування транспортних засобів;

і) захист котлованів, траншей і виробок від обвалення та від поверхневих і ґрунтових вод;

к) регламентацію правил безпечної експлуатації при виборі і розміщенні комплекту будівельних машин і засобів механізації;

л) послідовність і темпи виконання робіт, які забезпечують ефективно і безпечно здійснення будівництва;

м) максимальне зменшення обсягів і термінів робіт, які виконуються в умовах дії небезпечних і несприятливих чинників;

н) неперевикнення гранично-допустимих концентрацій небезпечних та шкідливих виробничих чинників;

п) дотримання безпечних умов праці, санітарно-побутове та медичне забезпечення працюючих відповідно до чинного законодавства;

р) виконання заходів з охорони та збереження навколишнього середовища;

с) дотримання умов дорожнього руху на прилеглих до об'єкта ділянках вулично-дорожньої мережі;

т) безпечні способи та порядок поводження з відходами;

у) дотримання під час підготовки і виконання будівельних робіт вимог пожежної безпеки.

ПТД об'єкта складається з проекту організації будівництва (ПОБ), що містить рішення з організації будівництва об'єкта в цілому, та окремих його черг, пускових комплексів та проекту виконання робіт (ПВР), що деталізують організаційно-технологічні заходи і способи виконання робіт.

1.2 Монтажні елементи систем теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання. Виготовлення монтажних елементів

Деталь – частина лінії трубопроводу, що не має з'єднань, а також вироби, які входять у конструкцію її кріплення (опора, підвіска, хомут, відвід, перехід, скоба). До переліку найбільш вживаних деталей входять трійники (рівно прохідні і перехідні), відведення, переходи (концентричні і ексцентричні), відбортовані заглушки, фланці, колектори, хрестовини, кільцеві трубки для встановлення манометрів і вакуумметрів.

Елемент – збиральна одиниця, що складається із двох-трьох деталей, з'єднаних за допомогою зварювання або різьби (труба із фланцями, труба із одним або двома відводами).

Лінія – ділянка трубопроводу для транспортування середовища, робочі параметри якого незмінні.

Вузол – збиральна одиниця частини лінії обмежена транспортними габаритами. Вузол складається із одного або декількох елементів і арматури. Вузли поділяються на плоскі або просторові.

Блок – лінія або частина лінії трубопроводу, що складається із одного або декількох вузлів, арматури і деталей, зібраних за допомогою роз'ємних з'єднань, яка за розмірами і конфігурацією може бути встановлена у проектне положення без попереднього укрупнення.

Секція – збиральна одиниця частини лінії трубопроводу, що складається із декількох зварених між собою труб одного діаметра, вісь яких складає одну пряму лінію, а загальна довжина не перевищує транспортних габаритів.

Збирання елементів і вузлів виконують переважно у трубозаготівельних цехах за завчасно розробленими деталювальними кресленнями трубопроводів. Спочатку із окремих патрубків і деталей (відводів, фланців, переходів і інших деталей) збирають елемент, габарити якого дозволяють зварювати поворотні стикові з'єднання механізованим способом. Далі із зварених елементів збирають плоскі і просторові вузли трубопроводів.

Збирання елементів і вузлів виконують на прихватках електрозварюванням. Прихватки потрібно розташовувати рівномірно вздовж периметру стику. Кількість і довжина прихваток залежать від діаметру трубопроводу і повинні забезпечити міцність зібраного елемента для його транспортування на зварювальний пост. Коли діаметр труб менше 300 мм виконують три прихватки, а коли більше 300 мм – не менше чотирьох. Висота прихватки повинна відповідати висоті першого шару шва, а довжина не має перевищу-

вати 400 мм. Оскільки прихватки є складовою зварювального шва їх виконують тими ж зварними електродами (або дротом), що і для зварювання стиків трубопроводів. Для забезпечення якісного зварювання стикового з'єднання трубопроводів перед збиранням і зварюванням зачищають кінці труб і деталей від бруду та окислювання по кромках і суміжної з ними зовнішньої і внутрішньої поверхні труби на ширину не менше 10 мм. Завищування кінців труб і деталей виконують за допомогою механізованого ручного інструменту, або шліфмашинами з різним приводом.

Збирання елементів і вузлів трубопроводів виконують на спеціальних стендах, що обладнані засобами для встановлення патрубків і деталей і їх закріплення у потрібному положенні.

Відхилення габаритів елементів і вузлів трубопроводів від деталювальних креслень не повинні перевищувати ± 5 мм (якщо розмір не перевищує 3 м), за кожен наступний метр розміру додатково ± 2 мм, в той час як загальне відхилення дозволяється ± 10 мм.

Допустимі відхилення від прямолінійності зібраних елементів і вузлів, виміряне на відстані 200 мм по обидва боки від стику – до 0,5 мм.

Відхилення перпендикулярності торців труб і деталей під час збирання елементів і вузлів до осі, наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Відхилення перпендикулярності торців труб і деталей

| Зовнішній діаметр труб, мм | ≤ 133 | 159 – 219 | 273 – 426 | 530 – 630 | ≥ 630 |
|-------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Перпендикулярність торців, мм | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |

Вварювання патрубків відгалужень, бобишок та інших деталей у зварні шви і у місцях згину на гнуті деталі трубопроводів не допускається.

Якщо зварне з'єднання знаходиться поблизу місця згину труби, то початок закруглення до шва має бути не менше 10 мм.

Приварювання фланців виконують згідно [7].

Під час виготовлення вузлів і секцій трубопроводів для усіх поворотних стиків використовувати автоматичне або напівавтоматичне зварювання, для неповоротних – напівавтоматичне зварювання. Газове зварювання можливе лише для труб із вуглецевої сталі діаметром до 80 мм з товщиною стінки до 3,5 мм.

Режими зварювання і термічної обробки стиків, зварювальні матеріали, порядок контролю зварювання встановлює технічна документація – ПВР, виробничі інструкції або вказуються на робочих кресленнях.

Елементи трубопроводів після збирання зварюють на зварних постах.

1.3 Виконання замірів з природи та розробка монтажних проектів теплоенергетичних та теплотехнологічних систем

При недостатньому опрацюванні графічної частини проекту виникає необхідність складання монтажної документації на основі замірів з природи тих елементів будівель і споруд, які визначають необхідні розміри монтажних вузлів трубопроводів і установок (агрегатів).

Цю роботу виконують інженерно-технічний персонал або замірники.

Мають бути стіни, перегородки, фундаменти під устаткування, відмітки чистих підлог, осі будівлі, точні прив'язки технологічного устаткування. Виробництво замірів з природи розпочинають з підготовки контрольних ескізів будівельних конструкцій і викреслювання в тонких лініях планів, розмірів, місцевих перерізів. Потім роблять підготовку об'єкту до вимірів з розміткою в природі отворів для проходу трубопроводів з подальшою їх пробивкою. Далі розмічають осі трубопроводів в природі і роблять їх прив'язку до будівельних конструкцій і осей будівлі.

Зняті розміри наносять на контрольні ескізи планів і розмірів. Вказуються розміри прямих ділянок, патрубків, деталей, арматури, опор тощо.

Замірні ескізи виконують в розрахунку на максимальне скорочення кількості окремих деталей.

Монтажні організації на підставі робочого проекту або за замірними ескізами виконують монтажний проект.

При розробці монтажних креслень окрім дотримання ДБН, ДСТУ, ТУ, нормалей і заводських інструкцій з монтажу необхідно враховувати технологію виготовлення елементів і вузлів на заготівельних підприємствах.

Монтажний проект включає монтажні креслення на кожну систему окремо з деталізацією в необхідних випадках окремих вузлів і деталей, відомості комплектувань з найменуванням деталей і їх розмірів і площі поверхні кожної деталі в м², яку необхідно виготовити. До проекту прикладається лист загальних даних з вказівкою марок основних комплектів креслень, відомості креслень основного комплекту, відомості застосованих документів і документів, на які посилаються, даних за сумарним обсягом робіт і забарвленням виробів.

Монтажне креслення кожної системи або технологічного трубопроводу виконується на окремому бланку. Усі схеми виконуються в аксонометрії в одну лінію з позначенням усіх конструктивних елементів.

На робочих кресленнях показують: прив'язку трубопроводів і устаткування до будівельних конструкцій, відмітки, нахили, прив'язку і положення арматури, місця установки контрольно-вимірювальних приладів, розташування опор, вильоти і кути розташування штуцерів тощо.

Невід'ємною частиною монтажних креслень є деталювальні креслення.

У комплект деталювальних креслень входять: опис текстового і графічного матеріалу; пояснювальна записка; перелік деталювальних креслень; звідні специфікації матеріалів і виробів; креслення.

Деталювальні креслення містять: монтажну-складальну схему розробленої теплоенергетичної або теплотехнологічної системи; відомості застосованих документів та документів, на які посилаються; розбиття на монтажні вузли (елементи); таблицю зварних з'єднань; особливі умови виготовлення і випробування цієї системи.

1.4 Підготовка та організація виконання монтажних робіт. Проект виконання монтажних робіт

Організація будівельного майданчика.

Монтажним майданчиком називається комплекс виробничих та побутових будівель з дорогами і комунікаціями. Під час організації монтажного майданчика особлива увага приділяється питанням техніки безпеки – огороженню небезпечних зон, освітленню монтажного майданчика, наявності пожежного інвентарю та аптечок.

До початку монтажних робіт повинні бути виконані роботи нульового циклу: підготовка під'їзних шляхів, проїздів; виготовлення фундаментів; покриття монтажних майданчиків збірними залізобетонними плитами (або іншим покриттям); забезпечення майданчиків водою, електроенергією, каналізацією.

Організація монтажного майданчика включає в себе:

- а) виробничі, побутові і складські споруди;
- б) майданчики для укрупненого збирання обладнання і конструкцій;
- в) під'їзні шляхи;
- г) тимчасове розведення стисненого повітря, горючих та інертних газів, електроенергії, води;
- д) пости для зварювання, різки та термообробки зварювальних з'єднань.

Для забезпечення технологічної послідовності та термінів виконання монтажних робіт, окрім заходів з організації монтажного майданчика, потрібно:

- а) створити розрахунковий запас конструкцій, матеріалів і готових виробів;
- б) організувати своєчасну поставку будівельних машин;
- в) забезпечити бригади необхідними засобами малої механізації, засобами вимірювання і контролю, засобами огороження і монтажною оснасткою, засобами індивідуального захисту у складі і кількості, які передбачені у ПВР, організувати інструментальне господарство;
- д) забезпечити транспортування, складування та зберігання матеріально-технічних ресурсів відповідно до вимог стандартів та Правил пожежної безпеки України з виключенням можливості їх пошкодження, псування та втрат.

Проект виконання монтажних робіт.

ПОБ на повний обсяг будівництва теплоенергетичного об'єкта розробляється відповідно до вимог [8] у складі проекту як розділ "Організація будівництва".

ПВР розробляються на основі ПОБ та робочої документації.

Проект організації будівництва розробляє генеральна проектна організація із залученням, за необхідності, інших проектних або науково-дослідних організацій для розроблення окремих розділів проекту.

З урахуванням матеріалів ПОБ формуються рішення з організації будівництва та з розподілу витрат щодо його фінансування і матеріально-технічного забезпечення.

ПОБ має бути ув'язаний з іншими розділами проектної документації.

До складу ПОБ теплоенергетичного об'єкту за [4] включаються:

а) календарний план будівництва. У документі визначаються терміни і послідовність будівництва основних і допоміжних будівель і споруд, черг, частин, технологічних вузлів і етапів, пускових комплексів з розподілом капіталовкладень і обсягів будівельних робіт за об'єктами та періодами будівництва. Можна здійснювати календарне планування на базі сітьових моделей.

б) будівельні генеральні плани теплоенергетичного об'єкта для підготовчого та основного періодів з урахуванням зведення підземних і надземних частин з розташуванням:

- постійних будівель і споруд;
- місць розташування тимчасових будівель і споруд, складування конструкцій, матеріалів і виробів;
- інженерних мереж, місць підключення тимчасових інженерних мереж до діючих мереж із зазначенням джерел забезпечення будмайданчика електроенергією та водою;
- складських майданчиків;
- основних монтажних кранів, інших будівельних машин та обладнання;
- існуючих будівель та тих, що підлягають знесенню;
- місць розташування знаків закріплення осей будівель і споруд;
- небезпечних зон;
- доріг, проїздів, під'їздів, місць розвороту;
- місць розташування джерел протипожежного водопостачання;

в) організаційно-технологічні схеми, що визначають раціональну послідовність зведення об'єкта будівництва із зазначенням технологічної послідовності робіт;

г) відомість обсягів основних будівельних, монтажних і спеціальних будівельних робіт, визначених проектною документацією (на вимогу замовника), з виділенням робіт по основних об'єктах, чергах, пускових комплексах, етапах будівництва;

д) відомість потреби в будівельних конструкціях, виробках, матеріалах і устаткуванні з розподілом за календарними періодами будівництва, яка складається на об'єкт будівництва в цілому та на основні будівлі і споруди, виходячи з обсягів робіт і діючих норм витрат будівельних матеріалів;

е) відомість потреби в основних будівельних машинах і транспортних засобах на монтаж в цілому, складена на основі фізичних обсягів робіт, обсягів вантажоперевезень і норм виробітку будівельних машин і засобів транспорту;

ж) потреба в кадрах за основними категоріями;

з) пояснювальна записка, що містить:

- характеристику умов будівництва;
- обґрунтування методів виконання і можливість суміщення будівельних, монтажних і спеціальних будівельних робіт;
- обґрунтування прийнятої тривалості будівництва;
- обґрунтування розмірів і оснащення майданчиків для складування матеріалів, конструкцій і устаткування;

- обґрунтування обсягів потреби у тимчасовому водо- та електропостачанні;

- схеми встановлення будівельних машин та обладнання;

- способи й порядок збирання відходів, їх зберігання та перевезення до об'єктів поводження з відходами;

- заходи щодо охорони праці відповідно до діючих нормативних актів;

- оцінку впливів на навколишнє середовище під час монтажу.

ПВР розробляє будівельна (монтажна) організація на види та етапи робіт, які вона виконує. Для складних видів робіт ПВР може розроблятися із залученням проектних організацій (у тому числі у складі проектної документації) або науково-дослідних організацій відповідного напрямку діяльності.

До складу ПВР на об'єкт монтажу включаються [4]:

а) календарний графік виконання робіт (може бути побудований на базі сітьового графіка), у якому встановлюється послідовність і терміни виконання робіт з максимально можливим їх суміщенням;

б) будівельний генеральний план із зазначенням:

- меж будівельного майданчика і видів огорожі діючих і тимчасових підземних, надземних і повітряних мереж і комунікацій;

- постійних і тимчасових доріг, схем руху засобів транспорту і механізмів;

- місць установки будівельних і вантажопідіймальних машин із зазначенням шляхів їх переміщення й зон дії;

- розміщення постійних, споруджуваних і тимчасових об'єктів;

- місць розташування знаків геодезичної основи;

- небезпечних зон;

- шляхів і засобів підйому працюючих на робочі яруси (поверхи), а також підходів до об'єктів будівництва;

- розміщення джерел і засобів енергопостачання й освітлення будівельного майданчика із зазначенням розташування заземлюючих контурів;
 - місць розташування пристроїв для складання, зберігання і видалення будівельного сміття, відходів будівельних матеріалів;
 - майданчиків і приміщень для складування матеріалів і конструкцій, майданчиків укрупнювального складання конструкцій;
 - розташування приміщень для санітарно-побутового обслуговування будівельників, питних установок, місць відпочинку, а також місць виконання робіт, пов'язаних з використанням відкритого вогню (розігрів бітуму й готування мастик тощо);
 - зон виконання робіт підвищеної небезпеки.
- в) графіки надходження на об'єкт монтажу конструкцій, виробів, матеріалів і устаткування з додаванням комплектуючих відомостей;
- г) транспортні схеми поставки на об'єкт монтажу основних конструкцій, виробів, матеріалів і устаткування;
- д) графіки руху робочих кадрів на об'єкті монтажу і основних будівельних машин на об'єкті;
- е) технологічні карти з використанням відповідної типової документації або схеми виконання окремих видів робіт, в тому числі зі схемами послідовності виконання прийомів, із включенням схем операційного контролю якості, описом методів виконання робіт, зазначенням витрат праці і потреби в матеріалах, машинах, оснащенні, пристосуваннях і засобах захисту працюючих, а також послідовності демонтажних робіт під час реконструкції об'єктів або технічного переоснащення діючих підприємств;
- м) рішення із забезпечення тимчасовими мережами водо-, тепло- і енергопостачання і освітлення (у тому числі аварійного) будівельного майданчика та робочих місць із розробленням, за необхідності, робочих креслень підведення мереж до джерел живлення;
- н) пояснювальна записка, що містить:
- обґрунтування рішень з виконання робіт, у тому числі у зимовий період та у літній період за температури повітря, більшої за 27 °С (перелік і обсяги додаткових робіт, збільшення витрат праці і часу роботи машин і механізмів);
 - потребу в енергетичних ресурсах і рішення з її покриття;
 - перелік інвентарних об'єктів і пристроїв з розрахунком потреби й обґрунтуванням умов прив'язки їх до ділянок будівельного майданчика;
 - заходи із забезпечення якості виконання робіт, зокрема із здійснення вхідного контролю проектної документації, конструкцій, виробів, матеріалів та устаткування, операційного та приймального контролю будівельних робіт;
 - заходи, спрямовані на забезпечення зберігання матеріалів, виробів, конструкцій та устаткування на будівельному майданчику;
 - заходи щодо забезпечення безпеки під час спільної роботи декількох вантажопідіймальних та інших машин і механізмів;

- заходи щодо захисту існуючих об'єктів будівництва від пошкодження, а також природоохоронні заходи;
- опис способів і порядку складання, зберігання і видалення відходів будівельних матеріалів і сміття.

1.5 Методи організації монтажних робіт

Для скорочення тривалості будівництва теплоенергетичних та теплотехнологічних об'єктів застосовують різні методи виконання монтажних робіт [9].

Великоблочний метод монтажу – монтаж обладнання із попередньо укрупнених монтажних блоків.

Швидкісний метод монтажу – великоблочний монтаж за умови дотримання графіку, складеного на збирання монтажних блоків і їх встановлення в проектне положення за обов'язкової безперервності виконання робіт.

Потоковий метод монтажу – монтаж обладнання під час спорудження теплоенергетичних та теплотехнологічних об'єктів з великою чисельністю однотипних агрегатів (котлоагрегатів, теплообмінних апаратів, турбоагрегатів тощо). Під час потокового методу організації робіт робітники після завершення монтажу певного вузла переходять на монтаж аналогічного вузла на наступному агрегаті.

Потоково-суміщений метод – монтаж обладнання під час ведення робіт потоковим методом одночасно із будівельними роботами.

1.6 Обладнання та механізми для монтажних робіт

Технологія монтажу обладнання передбачає вибір відповідних механізмів, пристосувань і інструментів, що забезпечують найбільш раціональні способи монтажу при найменшій витраті сил і засобів.

1.6.1 Такелажні вироби

Для виконання операцій з підймання і переміщення технологічного устаткування широко використовуються канати, стропи, монтажні блоки і поліспасти.

Канати

Канати при виконанні монтажних робіт виготовляють переважно з сталевих дротів. Сталеві канати використовують для виготовлення різних стропів, а також у монтажних пристосуваннях, механізмах і підйомно-транспортному обладнанні. Сталеві канати виготовляють з окремих дротів діаметром 0,5...3,5 мм. Дроти звивають в пасма, а пасма навивають на органічне або металеве осердя. Дотик дротів між шарами пасмів може бути точковий,

лінійний або комбінований. Дроти, з яких звивають канат, можуть бути однакового або різного діаметру. Звивання канатів по виду може бути наступним (рис. 1.1):

а) *хрестове звивання*, коли напрямок звивання дротів у пасмах протилежний напрямку звивання пасмів в канаті;

б) *одностороннє* (паралельне), коли напрямок звивання дротів у пасмах і пасмів у канаті однакові;

в) *комбіноване звивання*, коли дроти в двох сусідніх пасмах мають протилежний напрямок.

При одному і тому ж діаметрі канату, чим більше діаметр дротів і менше їх число в кожній пасмі, тим більша жорсткість канату, а при малому діаметрі дротів і більшому їх числі він більш гнучкий. Для стропування вантажів застосовують переважно більш гнучкі канати.

Для вибору типу і діаметра каната їх розраховують на розривне зусилля, значення якого для канатів різних типів і діаметрів передбачені в діючих нормативних документах.

Канати періодично оглядають. Зношені канати бракують за кількістю обривів дротів. Допускається певне число обірваних дротів на довжині кроку звивання. Крок звивання визначають наступним чином. На поверхню будь-якої пасма наносять мітку, від якої відлічують вздовж осі канату стільки пасмів, скільки їх міститься у перерізі канату, і наносять позначку. Відстань між цими мітками приймають за крок звивання канату.

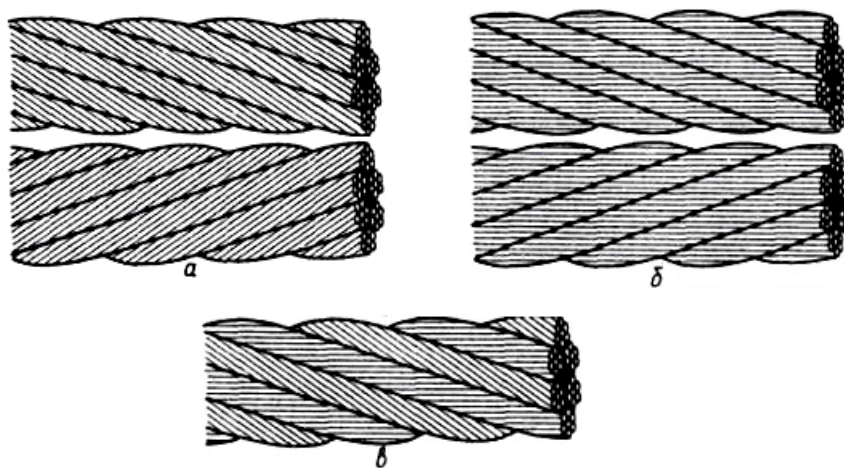


Рисунок 1.1 – Звивання сталевих канатів: *a* – хрестове; *б* – паралельне; *в* – комбіноване.

Сталеві канати [10] зберігають у сухому, прохолодному приміщенні. Канати згортають в бухти встановленого діаметра і укладають на стелажі або прокладки, підняті від землі або підлоги. Сталеві канати необхідно змащувати в процесі експлуатації. Для цього їх очищують від бруду і протягують через спеціальний контейнер з мастилом на механізованому стенді.

Крім сталевих канатів, використовуються канати з органічних волокон (прядивні, з сизалю); застосовуються в основному в якості відтяжок і розчалок. Канати із синтетичних волокон (капронові, поліпропіленові, поліефірні, поліетиленові, поліамідні) можуть застосовуватися і для оснащення поліспасних систем в особливих випадках, коли недоцільно або неможливо застосовувати сталеві канати. Прядивні та капронові канати мають в такелажних роботах обмежене застосування. Вони використовуються для підйому вантажів невеликої маси вручну через блок, для розчалок, відтяжок. Прядивні канати залежно від якості сировини і призначення [11] поділяються на звичайні, підвищені і спеціальні.

Капронові канати, залежно від розривного навантаження, діляться на три групи [11]: звичайні, підвищені і з державним Знаком якості (розривне навантаження на 15 % вище, ніж у підвищених). Капронові канати виготовляють трипрядними та восьмипрядними.

Сизалеві канати (з листя агави) виготовляють трипрядними трьох виконань, як і прядивні канати.

Вибір сталевих канатів, що застосовуються як вантажні, стрілові, вантові, несучі і тягові, проводиться у відповідності з вимогами [12] і чинних нормативних документів.

Сталеві канати перевіряються розрахунком

$$F_0 \geq Z_p \cdot S, \quad (1.1)$$

де F_0 – розривне зусилля каната в цілому (Н), що приймається за документом виробника про якість каната або документом про їх випробування, а під час розроблення – за даними стандарту;

Z_p – мінімальний коефіцієнт використання канату (мінімальний коефіцієнт запасу міцності канату), визначений за табл. А.1 і табл. А.2 (додаток А);

S – найбільший розрахунковий натяг звизання канату (Н), зазначений в паспорті вантажопідіймального крана або машини.

Якщо в стандарті або в документі виробника про якість канату або документі про їх випробування наведено сумарне розривне зусилля дротів канату, величина F_0 може бути визначена шляхом множення сумарного розривного зусилля дротів на коефіцієнт 0,83.

У разі роботи в небезпечних умовах (транспортування розплавленого металу, шлаку, отруйних і вибухових речовин) не дозволяється використовувати групу класифікації нижче М5. Під час розрахунку канатів, призначених для підймання людей, Z_p слід приймати як для групи класифікації М8.

Стропи

Стропи виготовляють з сталевих канатів, рідше – з сталевих ланцюгів або прядивних канатів. Вони служать для стропування вантажів, що переміщуються. Найбільше поширення отримали стропи двох типів (рис. 1.2) полегшений і універсальний.

Полегшений строп [13] виготовляється із сталевого канату, на кінцях якого передбачаються петлі з коушами, що оберігають канат від стирання (рис. 1.2, в). Довжина плітки $l = 20d$ ($d = 12 \dots 30$ мм - діаметр канату).

Універсальний строп [13] виготовляється у формі замкнутої петлі довжиною 5...15 м. Довжина плітки кінців канату $l = 40 \cdot d$.

Застосовуються також стропа, що мають плітку по всій довжині петлі. Монтажні стропа виготовляються також шляхом обтиснення кінців канату за допомогою домкратів обтискними гільзами із сталі або алюмінієвих сплавів.

Зусилля, які виникають у стропі, залежать від способу стропування і від числа гілок. Якщо стропування проводиться намотуванням стропа на апарат в кілька ниток, то зусилля в одній нитці буде дорівнює загальній вазі вантажу, що піднімається, поділеному на число ниток.

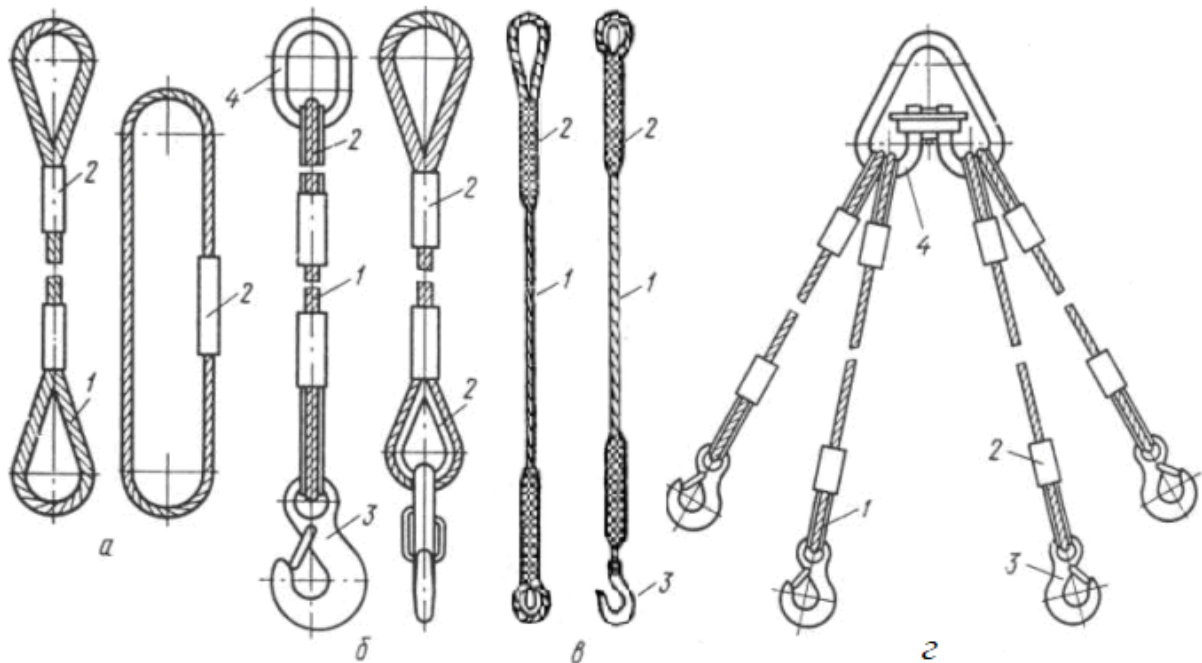


Рисунок 1.2 – Типи стропів: *a* – універсальний; *б* – одно гілковий; *в* – полегшені; *г* – чотири гілковий. 1 – канат, 2 – з’єднання, 3 – гак, 4 – підвіска

Розрахунок одногілкового стропа виконують аналогічно до розрахунку канату (див. формулу (1.1)). Під час визначення зусилля в стропах, що мають кілька гілок необхідно враховувати кут нахилу гілок стропа до вертикалі: із збільшенням кута нахилу зростають зусилля в гілках S і горизонтальні зусилля P , що стискають конструкцію, яка піднімається [14]

$$S = k \cdot G / (n \cdot \cos \alpha), \quad (1.2)$$

де S – зусилля у гілках, Н;

G – вага вантажу, Н;

α – кут нахилу гілки стропа до вертикалі.

n – число гілок у стропі

k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність завантаження окремих гілок стропа (для стропа с чотирма гілками $k = 1,35$, для стропа з $n < 4 - k = 1$).

Для запобігання пошкоджень канатних стропів при вигинах на гострі грані вантажу підкладаються дерев'яні або металеві підкладки.

Для зменшення зусилля в гілках, а також горизонтальних зусиль, що стискають конструкцію, при підйомі апаратів великої довжини застосовують траверси.

Блоки

Блоки призначені для зміни напрямку руху канату (відвідні блоки) та для зменшення навантаження на монтажний механізм (вантажні або поліспасні блоки).

Блоки складаються з корпусу, всередині якого розміщено один або кілька роликів, що обертаються в підшипниках, а також на чавунних або бронзових втулках навколо осі. Блоки мають одно- або дворогий гак, глуху або рознімну сережку (рис. 1.3) [13, 14].

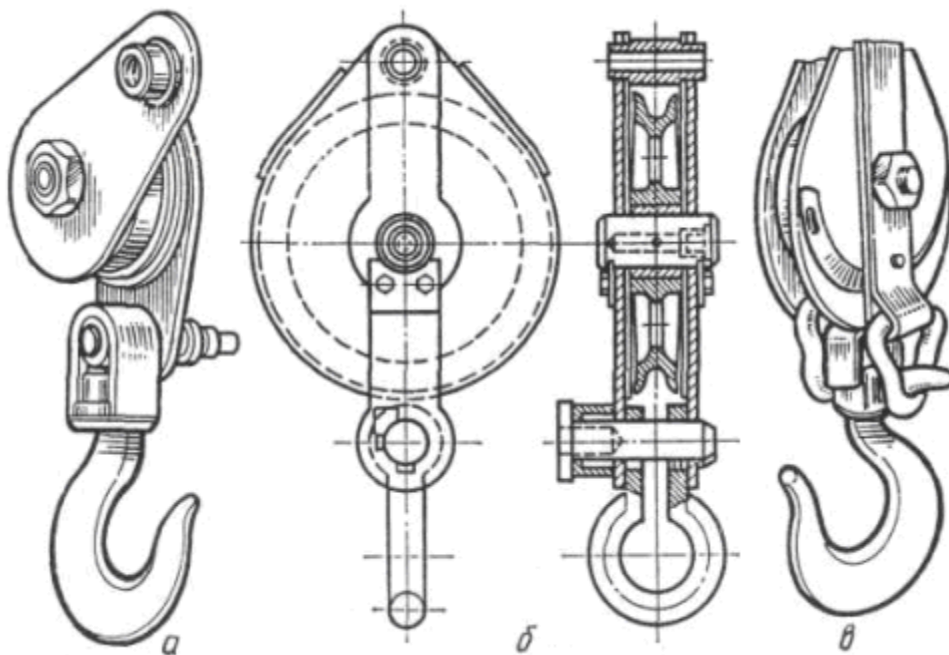


Рисунок 1.3 – Конструкція відвідних блоків: а - з відкидною щокою; б - зі знімною сережкою; в - зі знімним гаком

За кількістю роликів блоки підрозділяються на одно - і багатороликові. В якості відвідних блоків використовують зазвичай одно- і двороликові блоки, а також блоки з відкидною щокою, знімною сережкою або гаком, що дає можливість легко закладати в них канат.

Вантажні блоки або поліспаст-блоки, в які входить до 13 роликів, мають вантажопідйомність до 630 т. Габаритні розміри і маса таких блоків досить

значні. Наприклад, висота поліспаст-блоку вантажопідйомністю 630 т – 2,9 м, ширина – 2,3 м і маса – 7,7 т.

Зусилля, що сприймається відвідних блоком, залежить від зусиль в гілках троса, що набігає на нього і збігає з нього, від кута між цими гілками [15]

$$R = 2 \cdot S_{зб} \cdot \cos(\alpha / 2), \quad (1.3)$$

де R – зусилля, що сприймається блоком, МН;

$S_{зб}$ – зусилля в гілці троса, що збігає з блоку, МН;

α – кут між напрямками троса до та після відвідного блоку.

З цього рівняння випливає, що значення R буде найбільшим в тому випадку, коли після блоку напрямок троса змінюється на протилежне, тобто $\alpha = 0$.

Поліспасти

Поліспасти – найпростіший вантажопідйомний пристрій, що складається з декількох рухомих і нерухомих блоків, які огинає один безперервний канат (рис. 1.4). Нерухомий блок в процесі роботи не переміщується, а рухомий переміщується разом з вантажем. Робочими нитками (гілками) канату називають канати, на які припадає навантаження від маси вантажу та нерухомого блоку. За кількістю гілок розрізняють двох, трьох, чотирьох тощо гілкові поліспасти. Кількість гілок характеризує кратність поліспаста. Виграш у силі пропорційний його кратності [14].

Існують різні схеми запасовки поліспастів: спіральна та хрестова. Найбільш часто застосовують спіральну схему, при якій гілки канату паралельні одна одній. За цією схемою канат послідовно огинає сусідні ролики рухомого і нерухомого блоків.

Нерухому гілку канату кріплять на крайньому ролику одного з блоків, а ходову (що збігає) гілку канату направляють на барабан лебідки з протилежного крайнього ролика нерухомого блоку. Напрямок запасовки канату повинен бути протилежним напрямку звивання пасом в канаті.



Рисунок 1.4 – Поліспаст монтажний одно роликовий (а) та багатороликовий (б):
1 – нерухомий блок, 2 – канат, 3 – рухомий блок

При більшому числі робочих ниток канату спіральна схема запасовки не забезпечує рівномірного натягу гілок, що може призвести до перекосу і закручування поліспада. Тому для багатониткового поліспада доцільна хрестова схема запасовки (рис. 1,5, б).

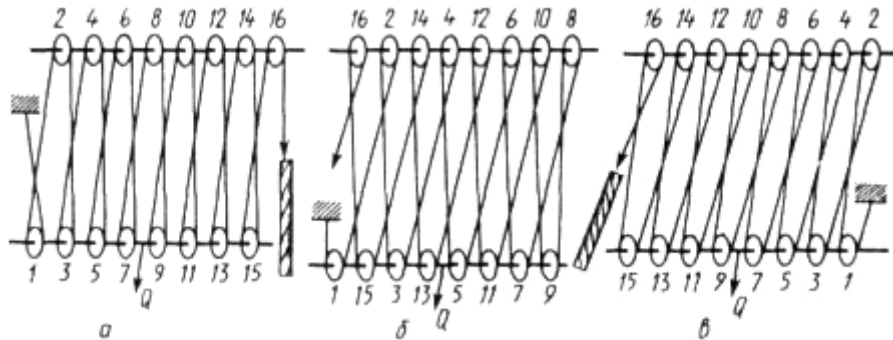


Рисунок 1.5 – Схеми запасовки поліспада: а), в) – спіральні схеми для канатів правого і лівого звивання, б) – хрестова схема, 1...16 – порядок запасовки

Під час розрахунку поліспастів визначають зусилля, що виникають у його гілках. Якщо вантаж висить нерухомо, зусилля в усіх гілках запасованого в поліспад троса однакові. При роботі гілки канату піддаються великим навантаженням через тертя в опорах роликів блоків, а також внаслідок жорсткості троса при обгинанні роликів. Тому найбільше зусилля сприймає збігаюча гілка троса

$$S_{зб} = \frac{Q}{n \cdot \eta}, \quad (1.4)$$

де Q – загальне навантаження на поліспад, МН;

n – число робочих гілок;

η – загальний ККД поліспада і усіх відвідних блоків.

1.6.2 Монтажні пристосування

Монтаж важкого і громіздкого технологічного устаткування підприємств хімічної і нафтової промисловості пов'язаний з переміщенням, підніманням і встановленням його в проектне положення, що вимагає спеціальних пристосувань. До таких пристосувань відносяться траверси, шарнірні пристрої, монтажні санчата та візки

Монтажні траверси

Траверси служать для розподілу зусилля підйому на декілька точок стропування. Двопроменева траверса дозволяє здійснити підвішування апарату

не в одній точці, а в двох, внаслідок чого зменшується прогин апарату від власної ваги. Трипроменева траверса дає можливість здійснити підвішування циліндрової обичайки в трьох точках. При використанні траверс стискальні зусилля, що виникають в елементах, які піднімаються, при похилому положенні стропів, замінюються зусиллями, направленими вертикально вгору. Це дозволяє уникнути деформації елементів, що піднімаються [13].

Виготовляються траверси з швелерів, двотаврових балок або листового металу у вигляді жорсткої конструкції, забезпеченої провусинами (вушками) для приєднання стропів. Отвори в променях траверси дають можливість шляхом перестановки провусин змінювати відстань між вертикальними вантажними стропами

Монтажні траверси відрізняються великою різноманітністю типів і конструкцій (рис. 1.6).

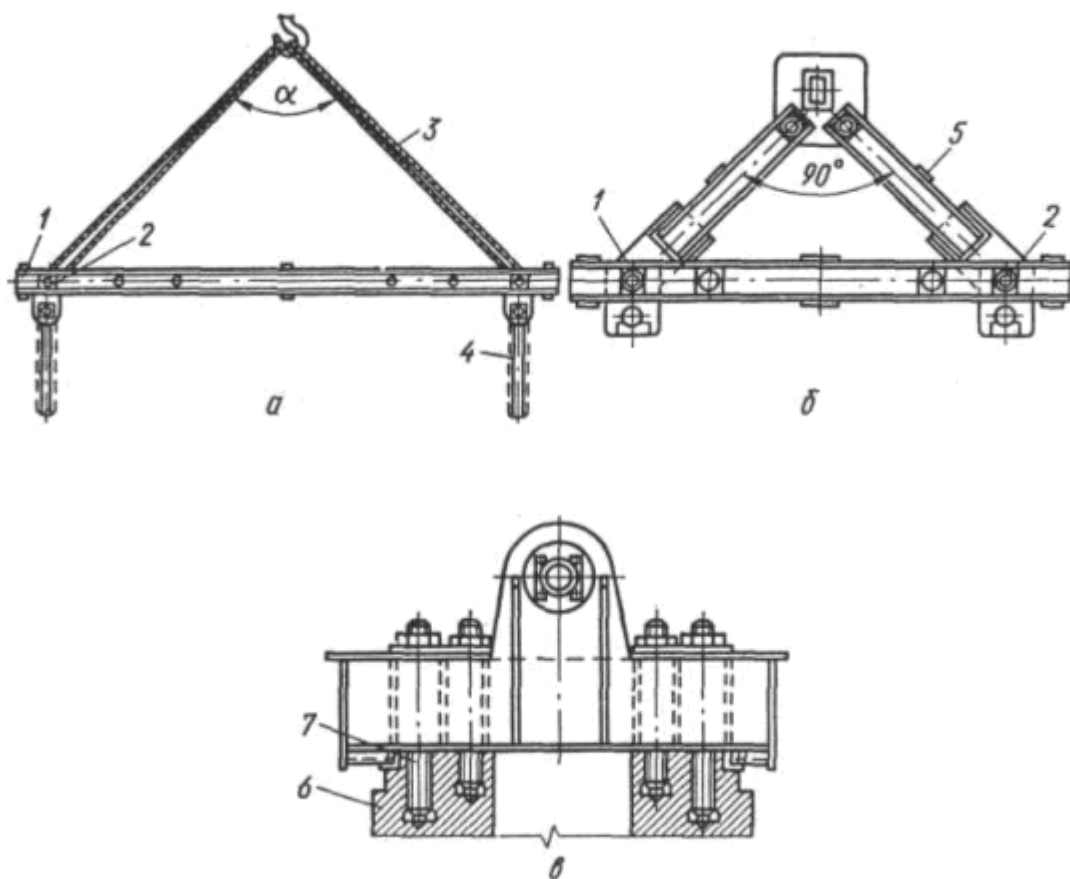


Рисунок 1.6 – Монтажні траверси: а – загального призначення; б – уніфікована; в – траверса, закріплена до фланцевого роз'єму; 1 – балка; 2 – вузол кріплення стропу; 3, 4 – стропи; 5 – тяга; 6 – устаткування; 7 – шпилька

Траверси загального призначення (рис. 1.6, а) вантажопідйомністю до 180 т є конструкцією у вигляді балки, до кінців якої приварені косинки з вузлами кріплення стропів для навішування на гак крану і до вантажу, що піднімається.

Уніфіковані траверси (рис. 1.6, б) виконані у вигляді зварної конструкції з профільованого прокату. Несучі балки траверси пристосовані для стропування вантажів різної ширини. На вантажопідйомній пристрій траверсу навішують за допомогою жорстких або гнучких тяг, кут між якими складає 60 і 90°.

Траверси, що закріплюються безпосередньо до фланцевого роз'єму на устаткуванні за допомогою шпильок, застосовують при монтажі апаратів високого тиску, до яких не можна приварювати монтажні штуцера (рис. 1.6, в).

Балансирні траверси використовують при підніманні вантажу декількома вантажопідіймальними механізмами. У цьому випадку швидкість піднімання вантажу може бути неоднакова, що може призвести до перекосу. Принцип дії балансирних траверс полягає в тому, що траверса до апарату, який піднімається, кріпиться через шарнір. При різних швидкостях канатів траверса повертається, але при цьому апарат не нахиляється. Існує декілька видів балансирних траверс: з шаровим шарніром (рис. 1.7), рівноплечова (рис. 1.8), пристрій з стропом, що перетікає (рис. 1.9) тощо.

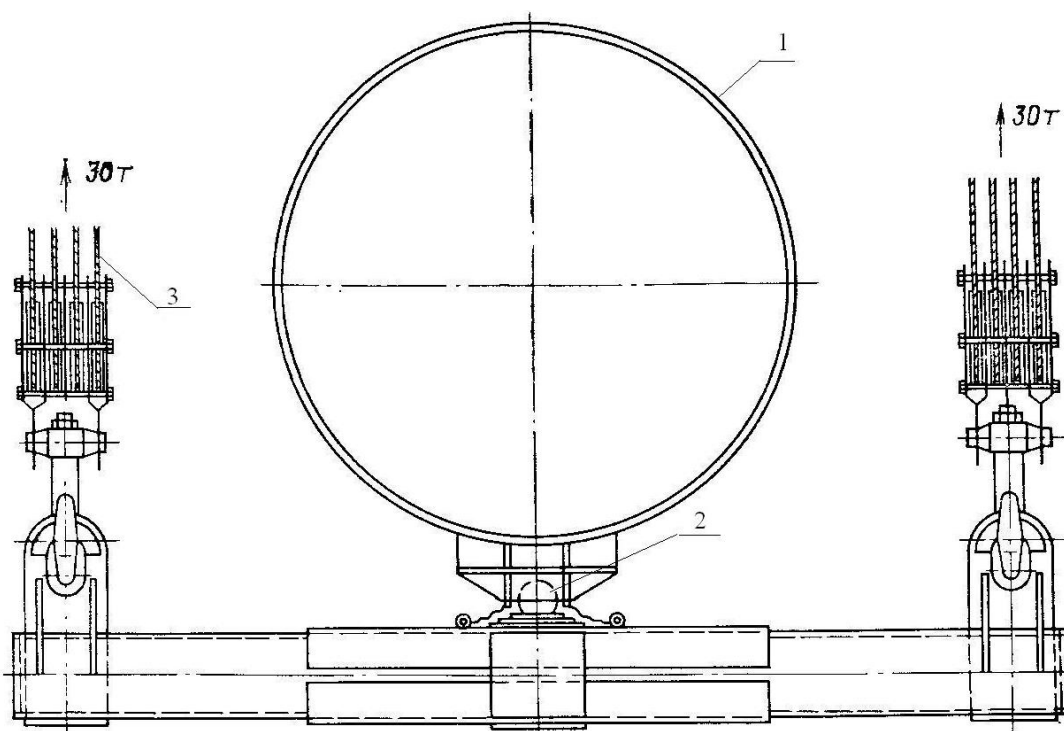


Рисунок 1.7 – Балансирна траверса з шаровим шарніром: 1 – апарат; 2 – шарнір; 3 – канат поліспасти

Траверса вантажопідйомністю до 60 т (рис. 1.7) може бути використана для піднімання апаратів діаметром до 3,6 м. Крюки кранів входять в отвори провусин, які жорстко з'єднані із траверсою. Остання зберігає постійне розташування відносно вертикальної вісі під час піднімання апарата.

Балансирна рівноплечова траверса (рис. 1.8) складається з двох двотаврів 6, з'єднаних розпорками 5. На кінцях траверси розташовані підвіски 1 для кріплення до вантажних поліспаств монтажних кранів. З торців траверса огорожена листовими накладками 4. Для стропування вантажу служить підвіска (напівавтоматичний захват 7) з напівавтоматичним розстропуванням. Трос 3 для розстропування проходить через відвідний блок 2.

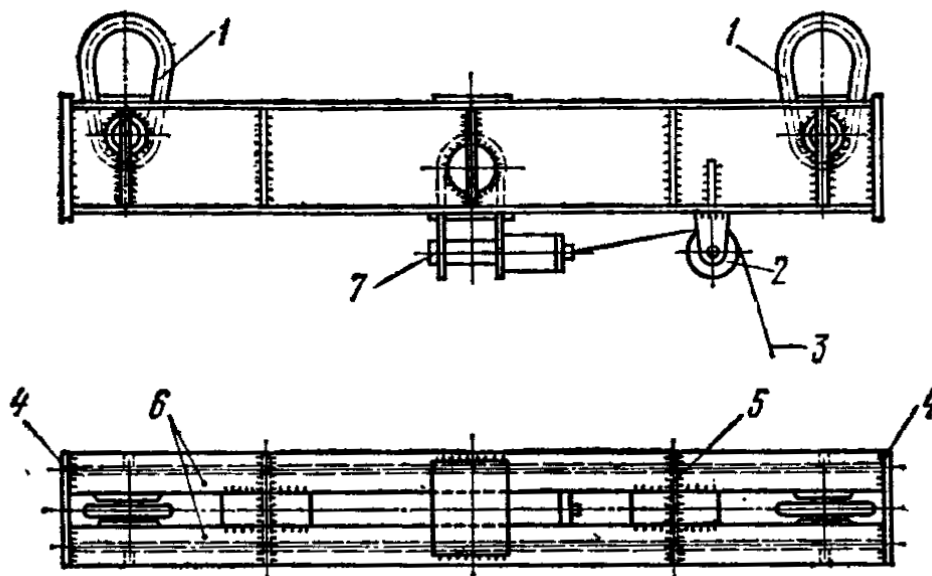


Рисунок 1.8 – Балансирна рівноплечова траверса: 1 – підвіска; 2 – відвідний блок; 3 – трос для розстропування; 4 – листові накладки; 5 – розпорки; 6 – двотаври; 7 – напівавтоматичний захват

Траверси повинні виключати можливість самовільного відчеплення і забезпечувати стійкість вантажу під час піднімання та переміщення.

Траверси належить випробовувати вантажем, вага якого перевищує розрахункову на 25 %. Тривалість випробовування повинна бути не менше 10 хвилин.

До балансирних траверс відносять траверсу із стропом, що перетікає (рис. 1.9). В комплект траверси входять чотири ролика, два з яких кріпляться на корпусі апарату таким чином, щоб гілки тросового стропа розташувались строго діаметрально з обох боків апарату. Двоплітковим стропом огинають ролик, розташований на одній стороні апарату, далі два ролика, закріплені на корпусі з таким вильотом, щоб попередити торкання стропа з корпусом апарату і далі стропом огинають другий ролик, розташований з іншої сторони апарату.

Шарнірні пристрої, сани і візки

Шарнірні пристрої, що застосовуються при підніманні апаратів колонного типу, повинні забезпечувати співвісність елементів, що з'єднуються.

Тип шарніра залежить від конструкції опорної частини апарату, його маси, діаметра, конструкції фундаменту і опори під апарат. Залежно від способу виробництва робіт шарнір може бути ковзний або нерухомий.

Монтажні сани виконуються у вигляді рами з шарнірним пристроєм. Для закріплення обладнання на санях застосовують шпали або спеціальні опори у вигляді сідел. Шпали встановлюють на раму саней на відстані, що визначається розмірами вантажу. Сани переміщують трактором, лебідкою або поліспастом.

Монтажні візки відрізняються від саней кріпленням котків, що забезпечує поворот або орієнтацію переміщуваного апарату. На монтажних візках обладнання переміщують по рейкових шляхах, які мають мінімальний радіус кривизни 100 м, зі швидкістю не більше 0,5 км/год. Апарат переміщують з таким розрахунком, щоб після розвантаження залишався мінімум робіт по його розвороту і орієнтації.

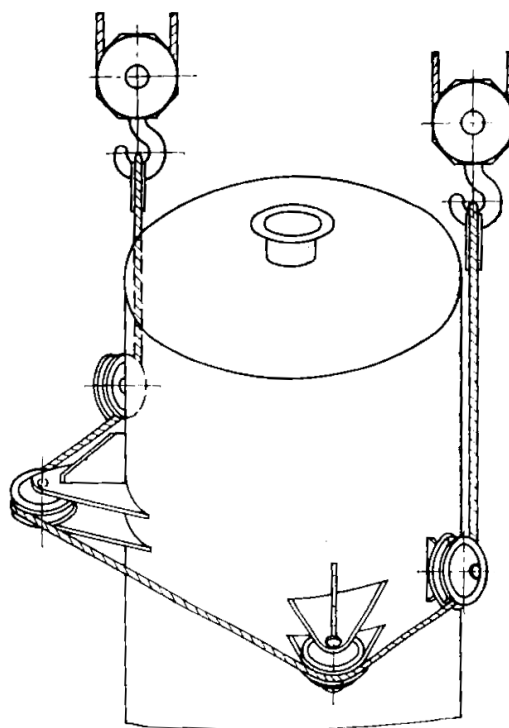


Рисунок 1.9 – Пристрій із стропом, що перетікає

1.6.3 Монтажні пристрої

До монтажних пристроїв відносяться: лебідки, талі, монтажні щогли, шеври, портали і якоря.

Лебідки

Лебідки застосовують під час монтажних робіт для піднімання і переміщення обладнання як самостійні вантажопідйомні засоби так і тягові пристрої кранів, щогл, порталів і шеврів [15].

За родом приводу лебідки поділяють на ручні і привідні. Ручні лебідки бувають барабанні і важільні (рис. 1.10). Привідні лебідки в свою чергу поділяють за типом приводу на електричні (найбільш вживані на теперішній час), з приводом від двигунів внутрішнього згорання, пневматичні, парові.

Ручні барабанні лебідки (рис. 1.10, в), що застосовують для монтажних робіт, мають вантажопідйомність 0,5 – 10 т. Важільні ручні лебідки (рис. 1.10 б) мають вантажопідйомність 1,5 та 3 т. Ручні важільні лебідки отримали найбільше застосування під час монтажу технологічного обладнання, вузлів трубопроводів і арматури устаткування, також у незручних і стиснених місцях.

Найчастіше застосовують електролебідки (рис. 1.10, а) з тяговим зусиллям 5 – 150 кН при потужності електродвигуна 2,8 – 22 кВт.

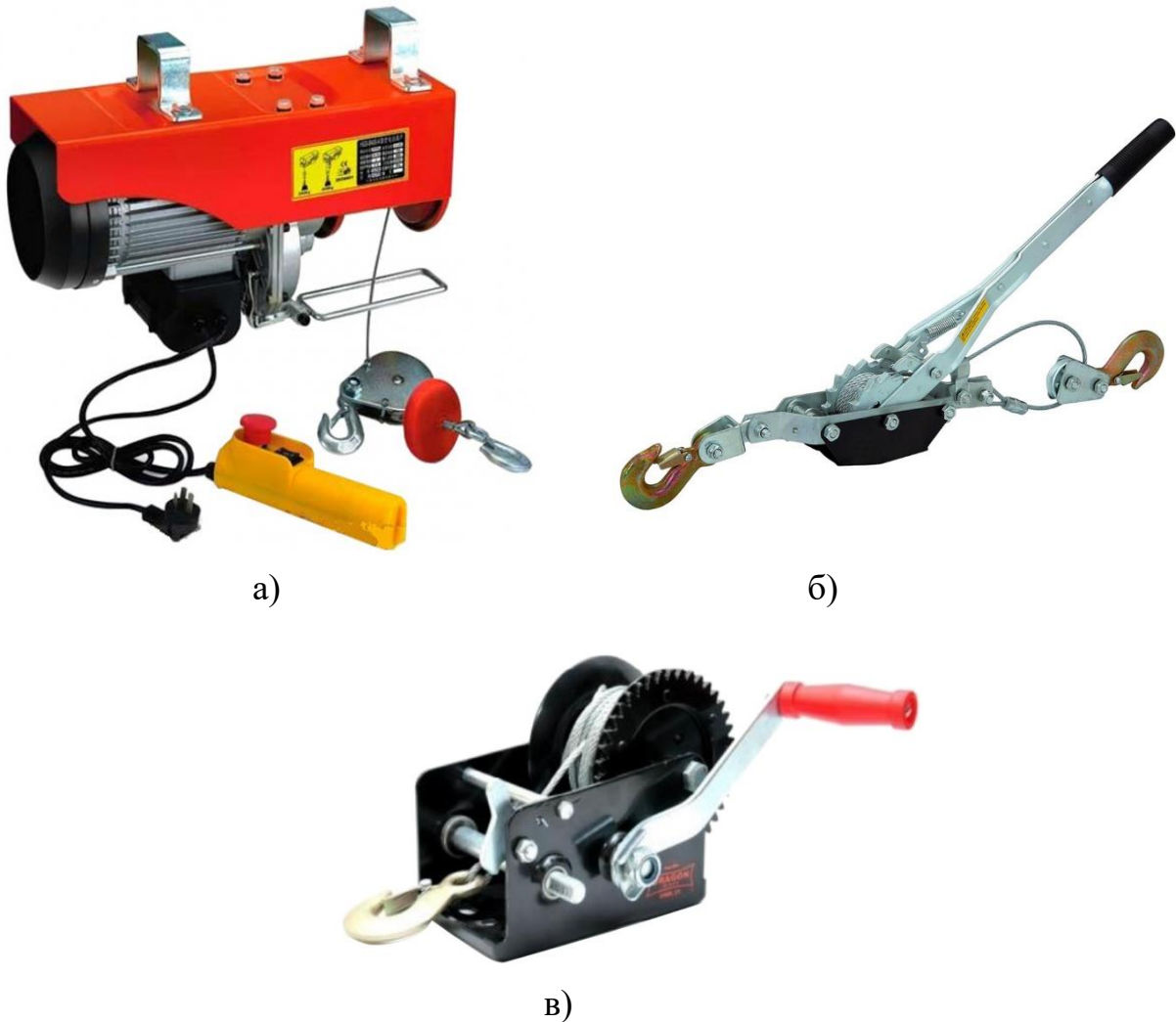


Рисунок 1.10 – Електрична (а), важільна ручна (б) та барабанна ручна (в) лебідки

Важлива характеристика лебідки – її канатоємність під час роботи з тросами різних діаметрів. Наприклад канатоємність електролебідок становить 100 – 900 м.

Крім того лебідки поділяють:

- 1) за призначенням: на підйомні, тягові і поворотні (для обертання кранів);
- 2) за способом встановлення: на пересувні і стаціонарні;
- 3) за числом встановлених на них барабанів: одно-, двох- і трибарабанні.

Лебідка повинна бути перевірена розрахунковим шляхом на стійкість, що їй надає противага (баласт), який встановлюється на її рамі, або якор.

Талі

Для підйому вантажів на невелику висоту застосовують ручні талі (рис. 1.11) вантажопідйомністю 1...10 т. Під час монтажу використовують талі з шестерінчастим і черв'ячним приводом.

Електричні талі мають найбільше застосування під час монтажу. Підйомний механізм електроталі - електричний привід. Пересувається таль по монорельсу за допомогою електроприводу або вручну. Керують підніманням і переміщенням з пульта, який підвішений на гнучкому кабелі.

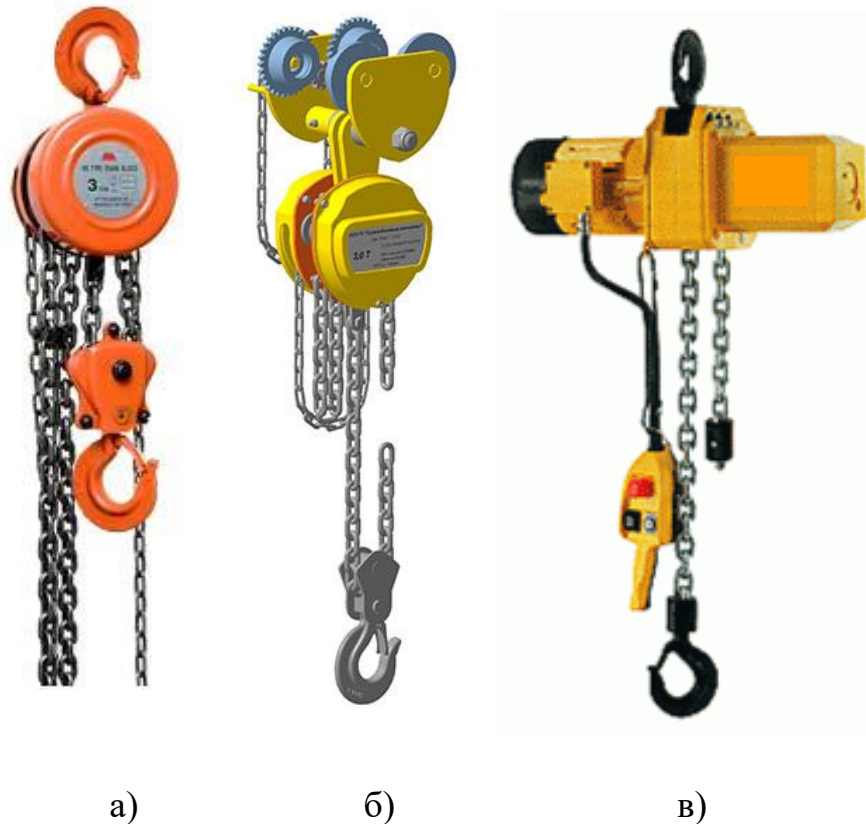


Рисунок 1.11 – Талі: а – ручна шестеренна, б – черв'ячна пересувна, в – електроталь, а, в – стаціонарні

Ручну таль з черв'ячним приводом підвішують до конструкцій на крюку.

Ручні талі мають обмежений радіус дії, тобто можуть піднімати вантаж тільки в тому місці, де вони закріплені.

Для розширення радіусу дії талі, її підвішують до візка, що пересувається по шляхам із двотаврових балок, які підвішені до перекриття. Такі шляхи звуться монорельсами.

Більш досконалим вантажопідйомним пристосуванням є електроталь. Підйомним механізмом електроталі є електропривід. Аналогічно ручній, електроталь може бути стаціонарна або пересувна. Пересувають електроталь вручну або електроприводом. Керують підніманням і переміщенням від пульта з кнопками.

Монтажні щогли

Вантажопідйомні щогли широко застосовують для піднімання та встановлення на фундаменти великовагових вертикальних і горизонтальних

апаратів, димових труб і укрупнених просторових блоків металоконструкцій. Щогли використовуються також у стіснених умовах, коли до місця монтажу немає під'їзних шляхів для кранів. Щогли мають вантажопідйомність 20 – 500 т і висоту 20 – 72 м. Порівняно із кранами однакової вантажопідйомності щогли недорогі у виготовленні та у експлуатації. Недоліки щогл – відносно висока трудомісткість їх встановлення, пересування і демонтажу, а також необхідність мати значну площу для влаштування розчалів і встановлення кріпильних якорів, це збільшує небезпеку їх пошкодження в умовах будівництва підприємства.

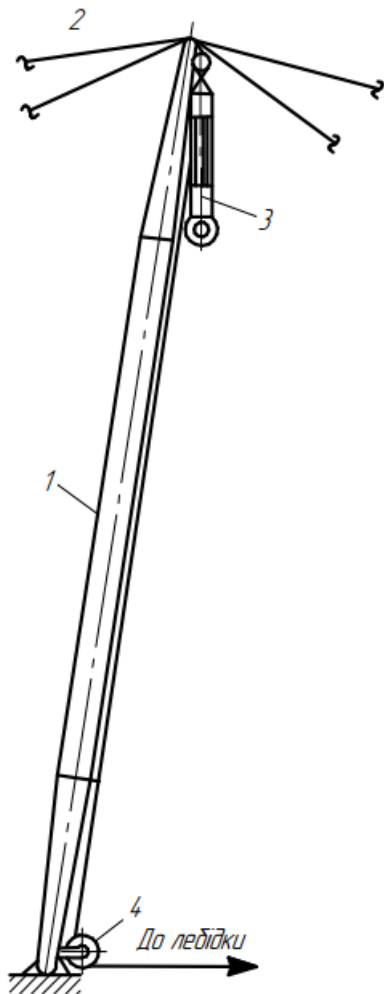


Рисунок 1.12 – Схема вантажної щогли: 1 – щогла, 2 – ванти; 3 – вантажний поліспаст, 4 - обвідний блок

Щоглу (рис. 1.12) оснащують вантажним поліспастом. У вертикальному або трохи нахиленому положенні щоглу утримують вантами, які з одного боку закріплюють до верхівки щогли, а з іншого – до спеціальних якорів, раніше змонтованих конструкцій тощо. Ходову гілку тросу вантажного поліспасту направляють вздовж щогли вниз а далі за допомогою обвідного блоку на барабан лебідки. Вантів має бути не менше трьох, кут між ними у плані повинен бути не більше 120° . Зазвичай для кріплення щогл встановлюють чотири ванти. Кут закладання вантів до горизонту має бути не більше 45° .

В монтажній практиці найбільшого застосування набули трубчасті і решітчасті щогли, які виготовляються із спокійної маловуглецевої або низьколегованої сталі. Трубчасті щогли мають просту конструкцію та можуть бути виготовлені безпосередньо на монтажному майданчику. Їх вантажопідйомність може сягати 60 – 100 т при висоті до 45 м. Щогли більшої вантажопідйомності виготовляють переважно решітчастими.

Решітчасті щогли мають значно більшу вантажопідйомність (до 500 т) у порівнянні із трубчастими, а при однаковій вантажопідйомності і висоті – меншу масу. Решітчасті щогли виготовляють із прокатних кутників звареними. Вздовж висоти щогли мають змінний переріз. Поперечний переріз щогл має квадрату форму, у кутах якого розташовані кутники, з'єднані по висоті кутниками обрешітки і поперечними діафрагмами. Решітчасті щогли виготовляють розбірними із секцій довжиною 6 – 12 м. Секції з'єднують між собою листовими накладками і спеціально виготовленими болтами.

Розбірні щогли складаються із окремих секцій, з'єднаних фланцями. Це дозволяє змінювати висоту щогли. Із збільшенням висоти вантажопідйомність щогли зменшується.

Портали і шеври

Монтажним порталом (рис. 1.13) називається П-подібна рама, яка має жорсткі або шарнірні вузли. Залежно від призначення портали бувають нерухомі та нахилені. Монтажні портали складаються із двох щогл, зв'язаних вгорі тягою або жорсткою бантиною. Застосовують портали, коли потрібно підняти великий об'ємний вантаж на значну висоту.

В таких підйомних пристроях вантажні поліспасти кріплять до траверси, а не до верхівок щогл. Портали особливо доцільно застосовувати під час монтажу апаратів методом нахилу щогл. Тому щогли порталу мають шарнірні опори. Деякі конструкції порталів можна переміщувати на рейкових шляхах вздовж фронту монтованого обладнання.

На бантині порталу підвішують поліспасти, переважно два, причому розташовують їх ближче до щогл. Сійки порталу виконують як і монтажні щогли із труб або решітчастими.

Якщо портал рухомий (нахилений), то бантину з'єднують зі сійками горизонтальними шарнірами. В момент нахилу порталу за рахунок шарнірів бантина постійно залишається в одному положенні. У рухомих порталах шарнірний низ щогл розкріплюють вантами або встановлюють на спеціальні фундаменти, щоб запобігти його зсуву на рис. 1.13 показаний монтажний портал, що використовують під час монтажу колонних апаратів. В такому випадку стропування апарату виконують за фальш штуцера 6. Піднімають апарат за допомогою двох вантажних поліспастів 7. Від поліспасти збіжний канат вантажного поліспасти 8 через відвідний блок 9 йде на відвідний блок 2, а далі на лебідку.

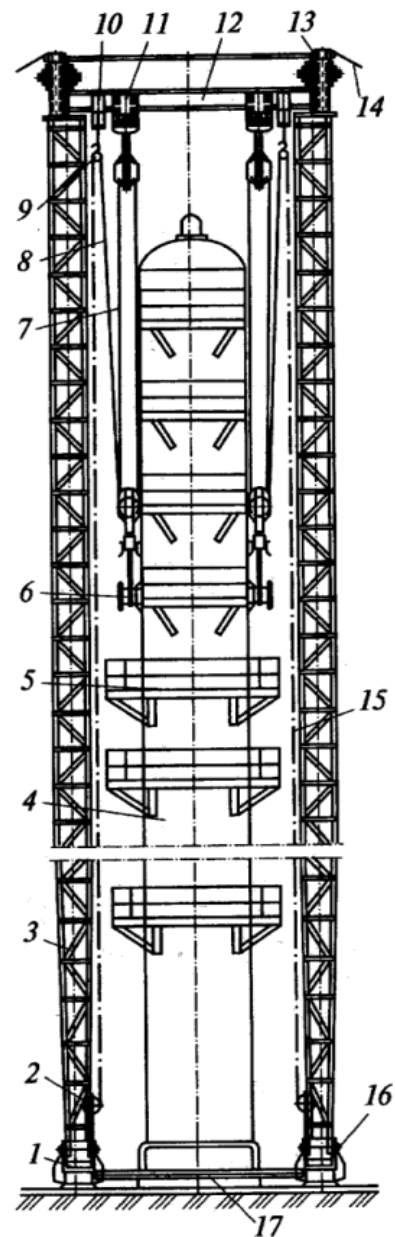


Рисунок 1.13 – Монтажний портал:
 1 – фундамент; 2, 9 - відвідні блоки;
 3 – щогли; 4 – апарат;
 5 – майданчики; 6 – фальш штуцер;
 7, 8, 15 – збіжні канати вантажного поліспасти;
 10 – підвіска відвідного блоку;
 11 – підвіска поліспасти;
 12 – бантина;
 13 – листовна накладка; 14 – ванти;
 16 – опорний шарнір; 17 – стяжка

Для запобігання зміщення фундаменту порталу низ щогл з'єднаний стяжкою.

Висота монтажного порталу повинна бути більше висоти вантажу, що піднімається.

Під час монтажу найбільш поширені монтажні портали висотою від 25 до 50 м, відстань між ногами порталу складає 6×9 м, а вантажопідйомність від 30 до 300 т.

Шевром (рис.1.14) називається А-подібна рама, нижній кінець якої закріплюється шарнірно, а верхній втримується канатом б або поліспастом.

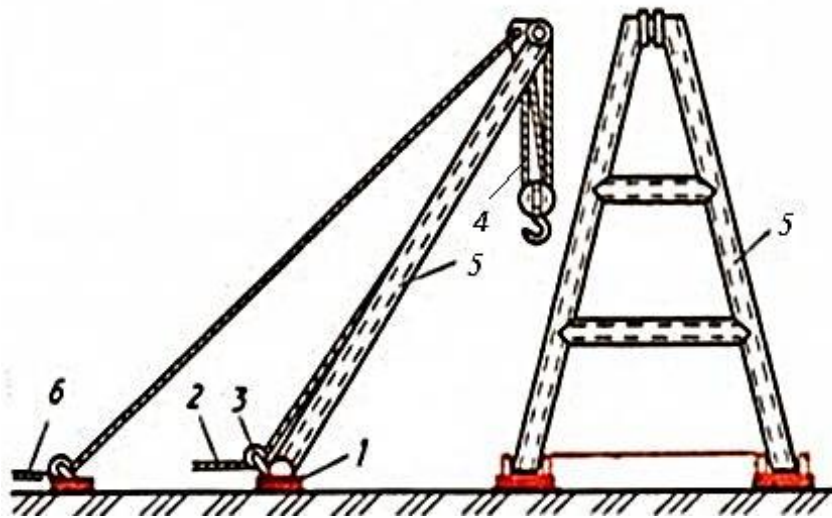


Рисунок 1.14 – Монтажний шевр : 1 – опорна п'ята; 2 – канат на лебідку; 3 – відвідний блок; 4 – поліспаст; 5 – А-подібна рама; 6 – ванти

За допомогою вантажного поліспасту 4 можна піднімати вантаж, далі змінивши нахил шевра, утримувати його у потрібному положенні. Для зміни напрямку канатів застосовують відвідні блоки 3. Збіжний канат 2 вантажного поліспаста йде на підйомну лебідку. Канат 6, який слугує для зміни нахилу вильоту шевра, також направляєється на другу лебідку.

Залежно від призначення шеври бувають стаціонарні і пересувні. стаціонарні шеври шарнірним кінцем кріплять до спеціальної опори або фундаменту, а тяги або поліспаст безпосередньо до якорів. Особливу увагу звертають на закріплення шарнірів шевра, оскільки в них виникають горизонтальні зусилля.

Пересувні шеври встановлюють на горизонтальну раму із прокатних профілів. Шарнірний кінець шевра кріплять на один кінець рами, а канатну тягу або поліспаст – на іншу. Для надання шевру стійкості на раму вкладають контрвантаж або закріплюють її до якоря.

Шеври оснащують двома поліспастами: одним вантажним для піднімання вантажу, що підвішується до оголовку шевра, та другим для зміни нахилу шевра. Збіжний канат вантажного поліспасту йде вздовж однієї із ніг

до п'яти, а далі через відвідний блок до вантажної лебідки. Вантажна лебідка встановлюється: на пересувних шеврах – на рамі шевра, а на стаціонарних – біля спеціального якоря.

Шеври на відміну від щогл не мають бічних вантів.

Шеври виконують із труб або прокатних профілів (суцільних, решітчастих). Висота шеврів переважно до 35 м, маса – до 19 т.

Застосовують шеври для підйому важких елементів (масою від 1 до 250 т), а також для перевертання важких конструкцій.

Якорі

Якорі служать для закріплення розчалів щогл, порталів, тягових поліспаств, шеврів, крім того лебідок та іншого такелажного обладнання

Зі збільшенням вантажопідйомності такелажних засобів зростають навантаження на якорі, що потребує значних трудовитрат і матеріалів для їх влаштування.

Під час монтажних робіт застосовують якорі різних типів: гвинтові, пальові, заглиблені (закладні) (рис. 1.15), напівзаглиблені та інвентарні наземні (рис. 1.16).

Гвинтові і пальові якорі розраховані на зусилля до 100 кН, складаються із однієї або декількох паль, що вбиті або вкручені у ґрунт на глибину не менше 1,5 м. Оскільки такі якорі мають порівняно невелике розрахункове зусилля, вони мають обмежену область застосування у монтажній практиці. Замість них у більшості випадків можна використати фундаменти, раніше змонтовані конструкції або інвентарні якорі.

Закладні (заглиблені) якорі характеризуються значним заглибленням основної конструкції якоря в ґрунт. Горизонтальна та вертикальна складові навантаження на якорі компенсуються опором ґрунту та масою ґрунту і якоря.

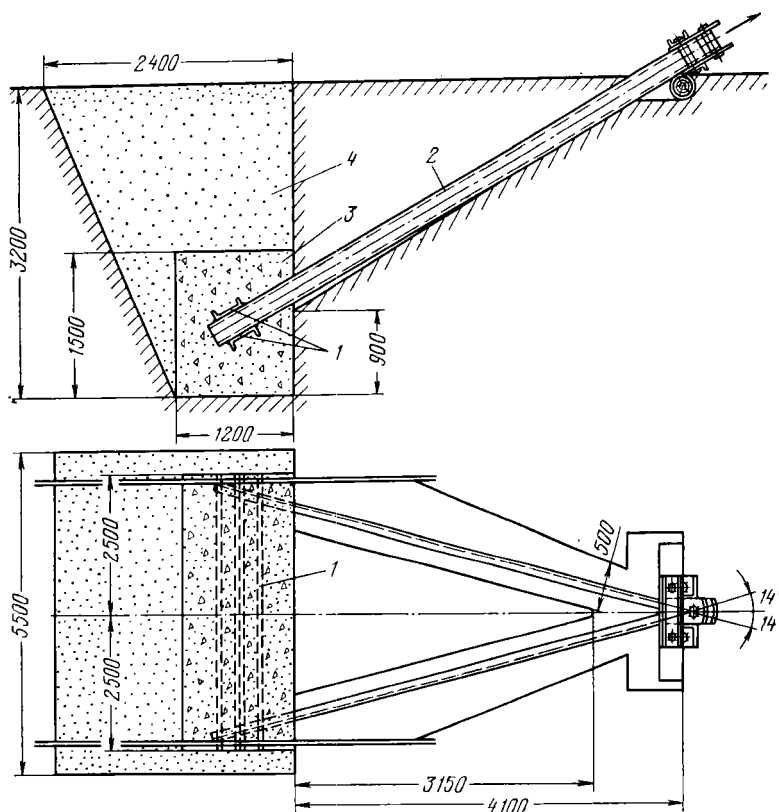


Рисунок 1.15 – Закладний якор із заливанням бетону:
1 – швелер №30; 2 – тяги із швелера № 22; 3 – бетон;
4 – насипний ґрунт

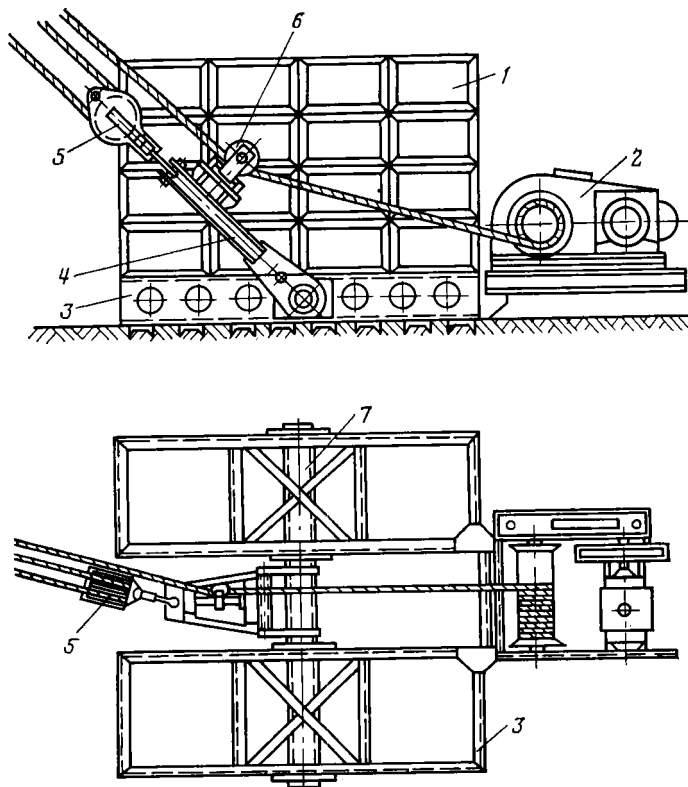


Рисунок 1.16 – Інвентарний наземний якор із електролебідкою: 1 – залізобетонний блок; 2 – електролебідка; 3 – рама решітчаста; 4 – тяга; 5 – поліспасти ванти; 6 – відповідний блок; 7 – з'єднувальна труба

масою 1,5 – 7,5 т. Це дозволяє порівняно легко отримувати якорі, розраховані на сприйняття значних навантажень (до 400 кН). Разом із тим якорі в цілому або окремі його частини можна використати багаторазово, що скорочує витрати на його виготовлення. Застосування інвентарних якорів значно зменшує об'єм земляних робіт.

Суттєвий недолік наземних якорів такого типу – значна залежність їх несучої здатності від стану поверхні ґрунту та погодних умов. Під час влаштування наземних якорів верхній щільний шар ґрунту не зрізують, що дозволяє збільшити стійкість якоря.

Інвентарні наземні якорі з шипами являють із себе раму із швелерів №30 або із труб діаметром 325×9 мм, на нижній площині якого приварюють шипи з відрізків труб, кутників, швелерів або листових упорів довжиною 200 – 600 мм. Шипи дозволяють збільшити зчеплення якоря з ґрунтом. На рамі встановлена електролебідка відповідної вантажопідйомності. Необхідну масу якоря набирають із залізобетонних блоків масою 1500 кг кожний. Відношення маси якоря до його вантажопідйомності в середньому дорівнює 2,2 – 2,4. Якорі із шипами можна застосовувати у зимових умовах. На рис. 1.16 показано інвентарний наземний якор.

Заглиблений якор має закладну частину, виконану із пакету колод або труб, а при навантаженнях 300 – 500 кН – із забетонуваних решітчастих сталевих конструкцій. Щоб збільшити опір якоря вириванню, перед основною трубою вбивають декілька похилих труб невеликого діаметра, або заливають частину траншеї зверху якоря бетоном.

Влаштування закладних якорів, що здатні сприймати великі зусилля, пов'язане із значним об'ємом земляних робіт і втратою матеріалів, які ідуть на виготовлення якорів, оскільки їх зазвичай залишають у землі і у подальшому не використовують.

Інвентарні наземні і напівзаглиблені якорі, широко застосовуються, складаються із залізобетонних призм (блоків)

Як тимчасові монтажні якорі доцільно використовувати апарати, які є на монтажному майданчику, що заповнюють водою для збільшення маси. Якщо зусилля у вантах великі, апарати потрібно вкладати у траншеї і закріплювати їх як звичайні закладні якорі. Міцність корпусу апарату у таких випадках необхідно перевіряти розрахунками [15].

1.7 Приймання обладнання під монтаж

Основне теплотехнологічне та теплоенергетичне обладнання, що відноситься до великогабаритного приймається під монтаж від замовника у монтажній зоні. Мілке обладнання, вузли і деталі передаються під монтаж на приоб'єктному складі.

Для здавання-приймання обладнання під монтаж виділяють відповідальних інженерно-технічних працівників від замовника і монтажної організації.

Обладнання передається під монтаж у суворій відповідності із планом-графіком завезення обладнання з врахуванням послідовності монтажних робіт і за письмовими замовленнями монтажної організації. Приймання обладнання під монтаж виконується після попереднього передавання замовником заводської специфікації, складальних креслень і технічних умов на монтаж обладнання.

Під час здавання-приймання обладнання під монтаж складається акт, виконується зовнішній огляд (без розбирання на вузли і деталі), перевіряється комплектність згідно із заводськими специфікаціями, відправними та пакувальними відомостями; відповідність кресленням [16] і технічним умовам на поставку і монтаж обладнання; відсутність видимих дефектів (тріщин, раковин і пошкоджень); наявність заводської технічної документації (паспортів, сертифікатів на матеріал, актів на випробування обладнання на заводах-виробниках).

В акті на приймання обладнання під монтаж вказується, що повна характеристика технічного стану прийнятого обладнання буде виявлена у процесі його монтажу і ревізії, а виявлені дефекти вказані у окремому акті.

Роботи із усунення дефектів можуть бути виконані як виключення монтажною організацією за додатковою домовленістю із замовником при його відповідному фінансуванні.

Обладнання передане під монтаж по акту, знаходиться на відповідальному зберіганні у монтажної організації до його приймання для комплексного випробування (передмонтажної ревізії).

1.8 Виробничо-технологічна комплектація об'єкта монтажу

Для виконання виробничо-технологічної комплектації об'єкта монтажу використовують дані, наведені у специфікаціях на обладнання, у проекті ви-

конання монтажних робіт, а саме про основні та допоміжні матеріали, монтажні заготовки, обладнання для монтажу, а також пристосування і інструменти. Комплектацію об'єкта монтажу здійснюють у суворій відповідності із визначеними термінами введення виробничих потужностей, враховуючи технологічну послідовність і затверджений графік виконання будівельно-монтажних робіт. Такий вид робіт виконує група комплектації, яка організована у складі монтажної організації.

На основі потреби у матеріальних ресурсах для певних етапів монтажних робіт складають комплектувально-лімітні карти, на основі яких і здійснюють виробничо-технологічну комплектацію. Замовник перед передаванням обладнання на комплектацію повинен перевірити: комплектність обладнання; заводську документацію (технічні умови на виготовлення, доставку, інструкції з монтажу, паспорт). Крім того, замовник має виправити виявлені дефекти обладнання.

Група комплектації приймає обладнання і матеріали від замовника і генпідрядника, а допоміжні матеріали і монтажні заготовки з центрального матеріального складу і з майстерні монтажних заготовок. Отримані обладнання, монтажні матеріали і заготовки доставляються на об'єкт монтажу.

Обладнання приймають за зовнішнім виглядом, не розбирають його на вузли або деталі. Під час приймання виконують перевірку: відповідність обладнання його кресленням, відповідність комплектації заводським специфікаціям або пакувальним відомостям, відсутності видимих дефектів, поломок і пошкоджень, технічну документацію заводів-виробників (наявність і повноту), наявність спеціальних пристосувань або інструмента, що постачаються виробником.

Приймання обладнання під монтаж завершується оформленням акта. Даний акт підписують представники монтажної організації і замовника. Замовник передає заводську технічну документацію монтажній організації.

1.9 Передмонтажна ревізія обладнання

Передмонтажну ревізію виконують для обладнання: яке зберігається у замовника більше 9 місяців з моменту його випуску, причому монтаж цього обладнання виконуватиметься не пізніше ніж через 6 місяців після ревізії; у якого гарантійний термін зберігання згідно із технічних умов на поставку менше 9 місяців. Термін виконання передмонтажної ревізії останніх проводять у строки, вказані у технічних умовах. Якщо обладнання поставляється виробником у запломбованому вигляді, то воно не підлягає передмонтажній ревізії.

Передмонтажну ревізію можуть виконувати як представники монтажної організації (згідно із окремим договором) замовника, так і підрядної організації.

На обладнання, що піддається ревізії, замовник передає організації, що її виконує, інструкції і паспорти заводів-виробників, технічні умови на доставку і складений відповідним чином кошторис витрат на роботи.

До початку робіт з передмонтажної ревізії на уважно підготовленому робочому місці виконують промивання і протирання місце розбирання обладнання і навколо нього. Під час розбирання обладнання на вузли і деталі дотримуються чистоти, користуються відповідними інструментами.

Під час перед монтажною ревізії виконується перевірка: відсутності забоїв і задирів на оброблюваних деталях, відсутність ушкодження різьби на шпильках, гайках і болтах, відсутність бруду та інших предметів на різьбах, відсутність на поверхнях вкладишів підшипників рисок, відповідність нормам люфту в підшипниках кочення. Виявлені під час ревізії незначні дефекти виправляються. Про виявлені дефекти обладнання і роботи із їх усунення складають акт. Даний акт підписують представники заводу-виробника, замовника і монтажною організації.

1.10 Приклади розв'язання задач

Задача 1.1. Розрахувати сталевий строп для проведення монтажних робіт автомобільним краном вантажопідйомністю до 16 т, якщо вага конструкції, що монтується $Q = 4,5$ т, число гілок стропа $n = 4$, кут стропа з вертикаллю $\alpha = 30^\circ$, тимчасовий опір сталі $\sigma_T = 1570$ МПа.

Розв'язання

1. Визначаємо зусилля у гілці стропа за формулою (1.2)

$$S = k \cdot G / (n \cdot \cos\alpha) = 1,35 \cdot 4500 \cdot 9,81 / (4 \cdot \cos 30^\circ) = 17201,18 \text{ (Н)}.$$

2. Мінімальний коефіцієнт використання канату визначаємо за табл. А.2 (дод. А) $Z_p = 4$.

3. Розривне зусилля каната за формулою (1.1)

$$F_0 = Z_p \cdot S = 4 \cdot 17201,18 = 68804,7 \text{ (Н)}.$$

4. За заданим тимчасовим опором розриву і розривним зусиллям з табл. А.3 обираємо сталений канат з органічним осердям $6 \times 36(1+7+7/7+14)+FE$ діаметром 11 мм. Даний канат має розривне зусилля $F_0 = 74,6$ кН, тобто задовільняє умову (1.1).

Задача 1.2. Визначити допустиме зусилля натягу S сталевих канатів із металевим осердям $6 \times 36(1+7+7/7+14)+7 \times 7(1+6)$, що використовується для

проведення монтажних робіт автомобільним краном вантажопідйомністю до 16 т, якщо його діаметр складає 22 мм, тимчасовий опір сталі $\sigma_T = 1770$ МПа.

Розв'язання

1. Мінімальний коефіцієнт використання каната визначаємо за табл. А.2 (додаток А) $Z_p = 4$.
2. З табл. А.4 (додаток А) визначаємо, що даний канат має розривне зусилля $F_0 = 390$ кН.
3. Із (1.1) визначаємо допустиме зусилля натягу у канаті

$$S = F_0 / Z_p = 390 / 4 = 97,5 \text{ (кН)}.$$

Із отриманого видно, що на сталевий канат із металевим осердям з діаметром 22 мм можна допустити зусилля натягу у 97,5 кН.

1.11 Завдання для самостійного роботи студентів

Задача 1.3. Розрахувати сталевий строп для проведення монтажних робіт механізмом класу М, якщо вага конструкції, що монтується Q, число гілок стропа n, кут стропа з вертикаллю α , тимчасовий опір сталі σ_T . Початкові дані обрати із табл. 1.3 згідно із отриманим варіантом.

Таблиця 1.3 – Початкові дані до задачі 1.3

| Варіант | Клас механізму | Вага конструкції Q, т | Число гілок стропа, n | Кут стропа з вертикаллю α , ° | тимчасовий опір сталі σ_T , МПа |
|---------|----------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|
| 1 | М3 | 7,0 | 1 | 0 | 1570 |
| 2 | М4 | 9,0 | 2 | 30 | 1770 |
| 3 | М5 | 10,5 | 3 | 45 | 1570 |
| 4 | М6 | 8,6 | 4 | 0 | 1770 |
| 5 | М7 | 12,5 | 1 | 30 | 1570 |
| 6 | М8 | 6,3 | 2 | 45 | 1770 |
| 7 | М5 | 13 | 3 | 0 | 1570 |
| 8 | М4 | 5,0 | 4 | 30 | 1770 |
| 9 | М3 | 14,5 | 1 | 45 | 1570 |
| 10 | М8 | 10,0 | 2 | 0 | 1770 |

Задача 1.4. Визначити допустиме зусилля натягу S сталевому канату K , що використовується для проведення монтажних робіт механізмом класу M , якщо його діаметр складає d , тимчасовий опір сталі σ_T . Початкові дані обрати із табл. 1.4 згідно із отриманим варіантом.

Таблиця 1.4 – Початкові дані до задачі 1.4

| Варіант | Клас механізму | Канат K | Діаметр каната d , мм | тимчасовий опір сталі σ_T , МПа |
|---------|----------------|---|-------------------------|--|
| 1 | M8 | $6 \times 36(1+7+7/7+14)+FE$ | 18 | 1770 |
| 2 | M3 | $6 \times 36(1+7+7/7+14)+ 7 \times 7 (1+6)$ | 11 | 1570 |
| 3 | M4 | $6 \times 36(1+7+7/7+14)+FE$ | 32 | 1770 |
| 4 | M5 | $6 \times 36(1+7+7/7+14)+ 7 \times 7 (1+6)$ | 44 | 1570 |
| 5 | M6 | $6 \times 36(1+7+7/7+14)+FE$ | 52 | 1770 |
| 6 | M7 | $6 \times 36(1+7+7/7+14)+ 7 \times 7 (1+6)$ | 26 | 1570 |
| 7 | M8 | $6 \times 36(1+7+7/7+14)+FE$ | 10 | 1770 |
| 8 | M5 | $6 \times 36(1+7+7/7+14)+ 7 \times 7 (1+6)$ | 16 | 1570 |
| 9 | M4 | $6 \times 36(1+7+7/7+14)+FE$ | 36 | 1770 |
| 10 | M3 | $6 \times 36(1+7+7/7+14)+ 7 \times 7 (1+6)$ | 40 | 1570 |

1.12 Контрольні запитання

1. Поясніть, що розуміють під виробничим процесом монтажу обладнання.
2. Охарактеризуйте, які роботи належать до основних монтажних робіт.
3. Дайте визначення та наведіть напрямки використання блоків під час монтажу обладнання.
4. Дайте визначення та наведіть напрямки використання поліспаств як такелажних виробів.
5. Які такелажні вироби називають стропами? Наведіть принципи і переваги їх використання.
6. Які монтажні пристосування називають траверсами? Охарактеризуйте їх використання під час монтажних робіт.
7. Які види траверс використовують для виконання монтажних робіт? Охарактеризуйте кожен із них.
8. Який монтажний пристрій називають лебідкою? Наведіть та охарактеризуйте відомі види лебідок.
9. Які монтажні пристрої називають таями? Наведіть та охарактеризуйте відомі види талей.
10. Які види приводів застосовуються в таях? Наведіть їх переваги та недоліки.

11. Охарактеризуйте документи, що входять у склад монтажно-технологічної документації.
12. Охарактеризуйте, які роботи входять до виробничо-технологічної комплектації об'єкту монтажу.
13. Які масштаби рекомендовані нормативними документами на робочих кресленнях, а саме на планах та розрізах розташування обладнання котелень?
14. Поясніть, як впливає діаметр і кількість дротів у сталевому канаті на його жорсткість та гнучкість.
15. Наведіть відомі Вам види звивання сталевих канатів.
16. Які чинники і як впливають на зусилля, що виникають у стропі під час виконання монтажних робіт.
17. Які види траверс використовують для переміщення обладнання двома кранами різної вантажопідйомності. Поясніть принцип їх роботи.
18. Поясніть необхідність застосування якорів під час виконання підйомних робіт.
19. Назвіть відомі Вам типи якорів. Поясніть відмінності в їх роботі.
20. В яких випадках під час монтажних робіт використовують щогли?
21. Поясніть, які фактори впливають на вибір висоти щогли.
22. Поясніть принцип роботи та конструкцію монтажного порталу.
23. Поясніть принцип піднімання вантажу за допомогою шевра.
24. Наведіть складові проекту виконання робіт з монтажу теплоенергетичного та теплотехнологічного обладнання.
25. Поясніть та наведіть, які заходи треба вжити для організації будівельного майданчика
26. Поясніть, в яких випадках перед виконанням монтажних робіт виконують заміри з натури.
27. Поясніть які роботи виконують під час здавання-приймання обладнання під монтаж.
28. Поясніть, які методи виконання монтажних робіт використовують для скорочення тривалості будівництва теплоенергетичних та теплотехнологічних об'єктів.
29. Поясніть, які роботи мають бути виконані до початку монтажних робіт.
30. Які роботи виконуються під час передмонтажної ревізії обладнання?
31. На основі яких документів виконується виробничо-технологічна комплектація об'єкта монтажу?

2 ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1 Опори і фундаменти

Опори – це поверхні, які мають міцність, достатню для того, щоб сприймати навантаження від обладнання, що на них монтується. Як опору використовують підлоги, перекриття, колони тощо.

Фундаменти – це спеціальні будівельні конструкції, призначені для закріплення на них обладнання відповідно до проекту. Фундаменти розраховують з врахуванням статичного і динамічного навантаження (динамічні навантаження виникають під час роботи обладнання). Фундаменти, що сприймають обидва види навантажень, виготовляють у вигляді монолітних, збірних і віброізоляційних конструкцій з бетону або залізобетону.

Під час монтажу великогабаритних теплотехнологічних та теплоенергетичних установок зазвичай використовують монолітні фундаменти.

Фундамент складається (рис. 2.1) із оголовка А, який виступає над підлогою і на якому розміщується обладнання, та нижньої частини Б, що опирається на ґрунт. Нижню площину фундаменту називають підшовою, а ґрунт, на який опирається підшова – основою. Правильний вибір основи попереджує осадження фундаменту і забезпечує стійкий стан обладнання, що монтується на фундаменті.

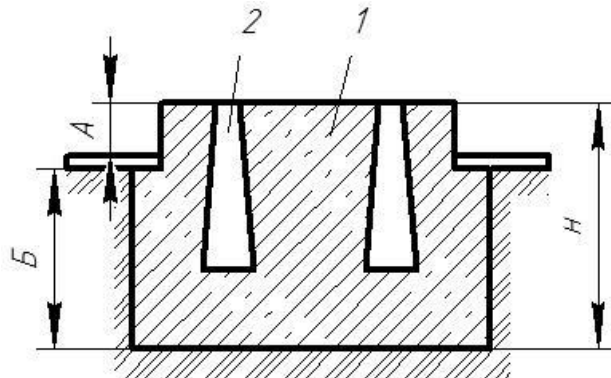


Рисунок 2.1 – Фундамент під обладнання: 1 – бетон фундаменту; 2 – колодці

Висоту підземної частини фундаменту називають глибиною закладання. Глибина закладання фундаменту залежить від багатьох факторів: характеристики ґрунта, глибини промерзання, рівня ґрунтових вод. Глибини закладання фундаментів повинні прийматись у відповідно до [15].

Для зниження рівня шуму у приміщеннях проектують *віброізоляційні фундаменти* (рис. 2.2). Віброізоляційні фундаменти переважно складаються із двох залізобетонних плит з віброізоляційним шаром між ними. Віброізоляційний шар може бути виконаний у вигляді пружин або гумових прокладок [17]. На верхній плиті монтують обладнання, нижня виконує роль основи фундаменту (найбільш доцільно цю плиту розташовувати у бетонній підготовці чистої підлоги).

Для обмеження розповсюдження вібрацій на будівельні конструкції фундаменти таких масивних машин як компресори, великі насоси, відділяють від конструкцій будівлі екраном у вигляді траншеї завширшки

200 – 250 мм вздовж усього периметра фундаменту. Траншею заповнюють сухим піском або не втрамбованим шлаком.

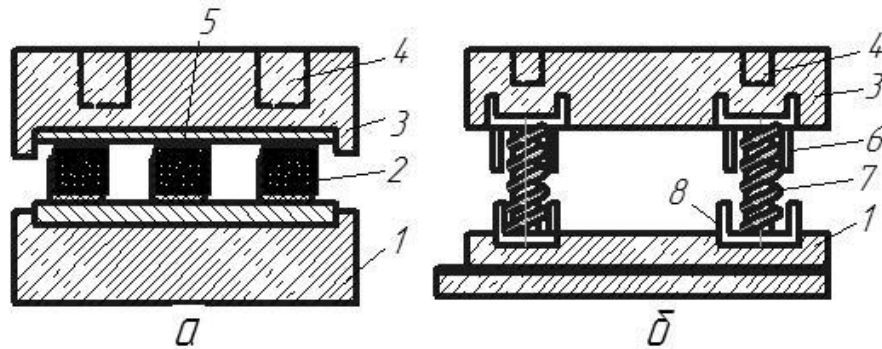


Рисунок 2.2 – Віброізоляційні фундаменти на гумових (а) та пружних амортизаторах (б): 1, 3 – залізобетонні плити; 2 – гумові пластини; 4 - колодці для болтів; 5 – антисептовані дошки; 6 – верхній стакан; 7 – пружина; 8 – нижній стакан

Під час *розрахунку фундаментів* визначають тиск, що створює підшва фундаменту на основу, який порівнюють із нормативним.

Для врахування динамічних навантажень вводять коефіцієнт $a = 0,3 \dots 1$. Тиск на ґрунт, створюваний машиною і фундаментом, Па

$$P = (G_m + G_f) / (a \cdot F), \quad (2.1)$$

де G_m , G_f – вага відповідно машини і фундаменту, Н;

F – площа підшви фундаменту, m^2 .

Площу підшви фундаменту визначають за габаритними розмірами рами машини з врахуванням припуску по 100 – 200 мм в кожен бік фундаменту.

Необхідний об'єм фундаменту, m^3

$$V = F \cdot H. \quad (2.2)$$

Вага фундаменту

$$G_f = V \cdot \gamma, \quad (2.3)$$

де γ - питома вага бетону, kN/m^3 .

Вага машини наводиться у технічній документації.

Визначене за формулою (2.1) значення тиску порівнюють з умовним розрахунковим R_n [18]. Якщо $P < R_n$, то фундамент стійкий і не матиме осадження. Якщо $P > R_n$ то площу фундаменту необхідно збільшити.

Фундаменти виготовляють будівельними організаціями під час виконання загально-будівельних робіт. Матеріалом для фундаменту виступає переважно бетон.

Розташування і розміри фундаменту мають бути такими, щоб центри ваги фундаменту і змонтованого обладнання знаходились на одній вертикалі. Відхилення допускається в таких межах: для ґрунтів з нормативним тиском $R_n > 150$ кПа – 3%; для ґрунтів з $R_n < 150$ кПа – 5% від розміру того боку підошви фундаменту, куди зміщується центр ваги.

Фундаменти, що приймаються під монтаж, повинні бути звільнені від опалубки, зачищені від будівельного сміття. Усі канали у підлогах, отвори і пройми у стінах огорожуються.

Під час приймання фундаменту під монтаж перевіряють: загальний стан поверхонь фундаменту; відповідність проекту за основними розмірами і висотними відмітками, наявність і розміри проходів до сусідніх фундаментів або будівельних конструкцій; точність розташування отворів для анкерних або фундаментних болтів; схему розташування основних і контрольних осей та висотних реперів.

Під час приймання фундаментів контрольні кубики, відлиті з того ж бетону, що і фундамент, випробовують в лабораторії на стиск. Результати випробувань порівнюють з вимогами ДБН або технічними вимогами на виконання і приймання робіт.

Для кріплення габаритного і важкого обладнання, насосів, апаратів і посудин на фундаментах застосовують *анкерні або фундаментні болти*.

Фундаментний болт – це сталевий стержень, закладна частина якого закріплюється у бетоні фундаменту. Для покращення зчеплення з бетоном фундаменту закладну частину виготовляють зігнутою або розгалуженою. Під час монтажу машин меншої потужності у фундаменті залишають гнізда, куди заробляють фундаментні болти.

Анкерні болти мають аналогічне призначення що і фундаментні. Для кріплення їх на фундаментах служать закладні деталі – анкерні плити, які закладають у фундамент під час його виготовлення. Анкерні болти з'єднуються із плитою за допомогою різьби або шляхом повороту Т-подібної головки болта.

Анкерні і фундаментні болти поставляються комплектно із обладнанням. За відсутності болтів їх діаметр визначають за розміром отворів у рамі або опорних лапах машин. Глибину закладання болта приймають орієнтовно рівною 15...20 його діаметрам [19].

2.2 Розмічальні роботи

Розмічальні роботи виконують для розміщення обладнання та комунікацій у вертикальній та горизонтальній площинах у повній відповідності з проектом. Розмічанням у горизонтальній площині визначають положення обладнання, осей фундаментних болтів відносно монтажних осей або будівельних конструкцій приміщення.

Монтажні осі – це дві взаємно перпендикулярні осі, що проходять через характерні точки основних деталей машин і апаратів (осі валів компресорів

та електродвигунів, площини рами тощо). У приміщенні монтажні осі позначають за допомогою капронової нитки або сталевого дроту, що натягнутий між закріпленими у стінах скобами.

Проекції осей обладнання і фундаментних болтів наносять на пластини, зароблені у бетон фундаменту у вигляді тонких рисок, окреслених кругами білою або червоною фарбою.

Під час розмічання у вертикальній площині визначають висоту фундаментів і розміщення обладнання відносно підлоги. Для відліку висоти слугують висотні відмітки. Висотна відмітка (репер) – сталевий гвинт, зароблений у бетон фундаменту. Верхня сферична частина репера відповідає проектній висоті фундаменту.

Розмічальних роботи починають з визначення положення монтажних осей. Проекції монтажних осей переносять на будівельні конструкції.

З метою визначення положення монтажних осей за допомогою вимірювального інструменту відкладають за проектом відстані від поверхонь обладнання або будівельних осей. Один кінець нитки або дроту закріплюють на нерухомій скобі, а другий пропускають через ролик, закріпленій на протилежній стіні. Натяг забезпечують за допомогою вантажу з розрахунку 60 – 70 % від розривного зусилля дроту (нитки). Далі розмічують вісь.

2.3 Технологія монтажу котельних агрегатів та турбоустановок

2.3.1 Монтаж котельних агрегатів

До початку робіт з монтажу тепломеханічного обладнання котельних мають бути виконані такі підготовчі роботи [9]:

- 1) розроблена і передана монтажній організації проектно-кошторисна документація на монтаж обладнання;
- 2) розроблений і у встановленому порядку затверджений проект виконання робіт;
- 3) підготовлені склади і майданчики для збирання блоків обладнання і підготовка його до встановлення на місці;
- 4) споруджені постійні або тимчасові під'їзні шляхи, що забезпечують подавання обладнання у монтажну зону і переміщення кранів та інших монтажних механізмів;
- 5) підготовлені тимчасові інвентарні виробничі та санітарно-побутові будівлі і споруди, необхідні для виконання монтажних робіт (при відповідній будівельній готовності для цих потреб використовувати побутові приміщення котельних);
- 6) прокладені тимчасові магістральні і розподільчі мережі та встановлені пристрої ввімкнення для подавання електроенергії, води тощо;

- 7) змонтоване електричне освітлення зони збирання блоків і виконання монтажних робіт;
- 8) виконані будівельні роботи у такому обсязі:
 - під час будівництва котельних з котлами до 25 т/год і до 20 МВт в будівлях із збірного залізобетону мають бути виконані усі основні будівельні роботи, всі фундаменти під обладнання і канали, канали та приямки обрамлені і мають передбачені проектом захисні покриття, а також перекриті тимчасовими щитками; для монтажу обладнання частинами бути залишені монтажні пройми у відповідності з ПВР;
 - під час будівництва блочно-комплектних котелень в будівлях із легких металоконструкцій монтаж будівлі повинен виконуватись сумісно з встановленням котлів і блоків обладнання;
 - під час будівництва котельних з котлами продуктивністю 35 – 75 т/год і 30 – 100 МВт об'єм будівельних робіт із спорудження будівель встановлюється ПВР залежно від типу котлоагрегатів, комплектування будівель і обладнання, а також типу основних монтажних механізмів.
- У випадку промивання і гідравлічного випробовування котла, апаратів і трубопроводів, а також опробування обладнання у зимовий час головний корпус котельні і інші приміщення повинні бути повністю закриті і утеплені, обладнані опалювальними приладами і джерелами отримання теплоти, що забезпечують температуру повітря на рівні підлоги не нижче 5 °С. В місцях монтажу обладнання повинна бути споруджені тамбури і за необхідності влаштовані теплові завіси.
- 9) виконаний монтаж підйомно-транспортного обладнання (тимчасового і постійного експлуатаційного), що використовується для монтажу обладнання;
- 10) виконані передбачені нормами і правилами заходи з техніки безпеки, охорони праці, протипожежної безпеки і виробничої санітарії;
- 11) виготовлені (монтажною організацією) трубні вузли, металоконструкції, а також прийняте до виготовлення нестандартизоване обладнання.
- 12) виконане оснащення, монтажною організацією (відповідно до ПВР) підйомно-транспортним обладнанням, монтажними механізмами, інструментами і пристосуваннями.

Технологічне обладнання і необхідну для його монтажу проектно-кошторисну документацію, технічну документацію заводів-виготовлювачів, а також матеріали, вироби і конструкції замовник (або генпідрядник) передає монтажній організації у порядку і терміни, встановлені чинними правилами.

Робочі креслення і кошторисну документацію видають монтажній організації не менше ніж у двох екземплярах. Вони повинні мати відмітку замовника і генпідрядника про прийняття їх до виробництва.

Проект Виконання робіт з монтажу тепломеханічного обладнання, розроблений у відповідності до вимог, повинен бути переданий монтажній організації (ділянці) за два місяці до початку робіт на об'єкті.

Під час будівництва котельних з котлами продуктивністю до 75 т/год, 100 МВт до початку монтажних робіт на монтажному майданчику і складах замовника повинні бути укомплектовані стандартне і нестандартні обладнання, арматура, трубопроводи, металоконструкції, а також інші матеріали і вироби, необхідні для монтажу в обсязі пускового мінімуму. Інше обладнання і матеріали постачають згідно з календарним планом виконання робіт на об'єкті.

Вимоги до конструкцій котлоагрегатів та до їх монтажу

Кожен котел, пароперегрівник і економайзер постачається заводом-виготовлювачем замовнику з паспортом встановленої форми і інструкцією з монтажу і експлуатації.

Під час виготовлення, монтажу і ремонту елементів котлів, пароперегрівників і економайзерів необхідно застосовувати наступні зварні з'єднання:

- а) тільки стикові – під час зварювання обичайок, труб (патрубків) і приварюванні випускних днищ;
- б) таврові і кутові або стикові – під час приварювання штуцерів, труб, плоских днищ і фланців до відповідних збірних елементів (барабанів, камер, трубопроводів тощо).

Розташування і конструкція з'єднань, що підлягають зварюванню, повинні забезпечувати доступність і зручність виконання зварювання і можливість здійснення контролю за якістю зварних з'єднань.

Котли, пароперегрівники, економайзери і їх елементи необхідно монтувати за технологією, розробленою монтажною організацією до початку виконання відповідних робіт.

Елементи котла, пароперегрівника і економайзера перед відправленням на місце монтажу повинні бути просушені і ретельно очищені від окалини, бруду та інших забруднень. Усі отвори, через які сполучаються внутрішні порожнини елементів котлів з атмосферою, необхідно закрити заглушками.

Труби поверхонь нагріву можна з'єднувати з барабанами і камерами за допомогою зварювання та розвальцьовування. До барабанів або камер труби приварюють або безпосередньо, або з застосуванням проміжних штуцерів.

З'єднання розвальцьовуванням допускається для труб з зовнішнім діаметром не більше 102 мм, призначених для роботи за температури нагріву стінки не вище 400°C.

Порядок проведення приймання фундаменту під монтаж наведено у підрозділі 1.8.

Методи монтажу котлів

З метою можливості подавання обладнання до котельні і для в'їзду крану влаштовують монтажні пройми. Котли малої потужності зазвичай монту-ють в закритій будівлі котельні автомобільним краном або методом насущання [20].

Чавунні секційні котли збирають в такій послідовності (рис. 2.3): вико-нують зовнішній огляд секцій та очищення наждачним папером ніпельне гніздо, вкладають прокладку азбестового картону у два шари під місце вста-новлення секцій, встановлюють на азбестовий картон задні лобові секції, вивіряють їх і закріплюють.

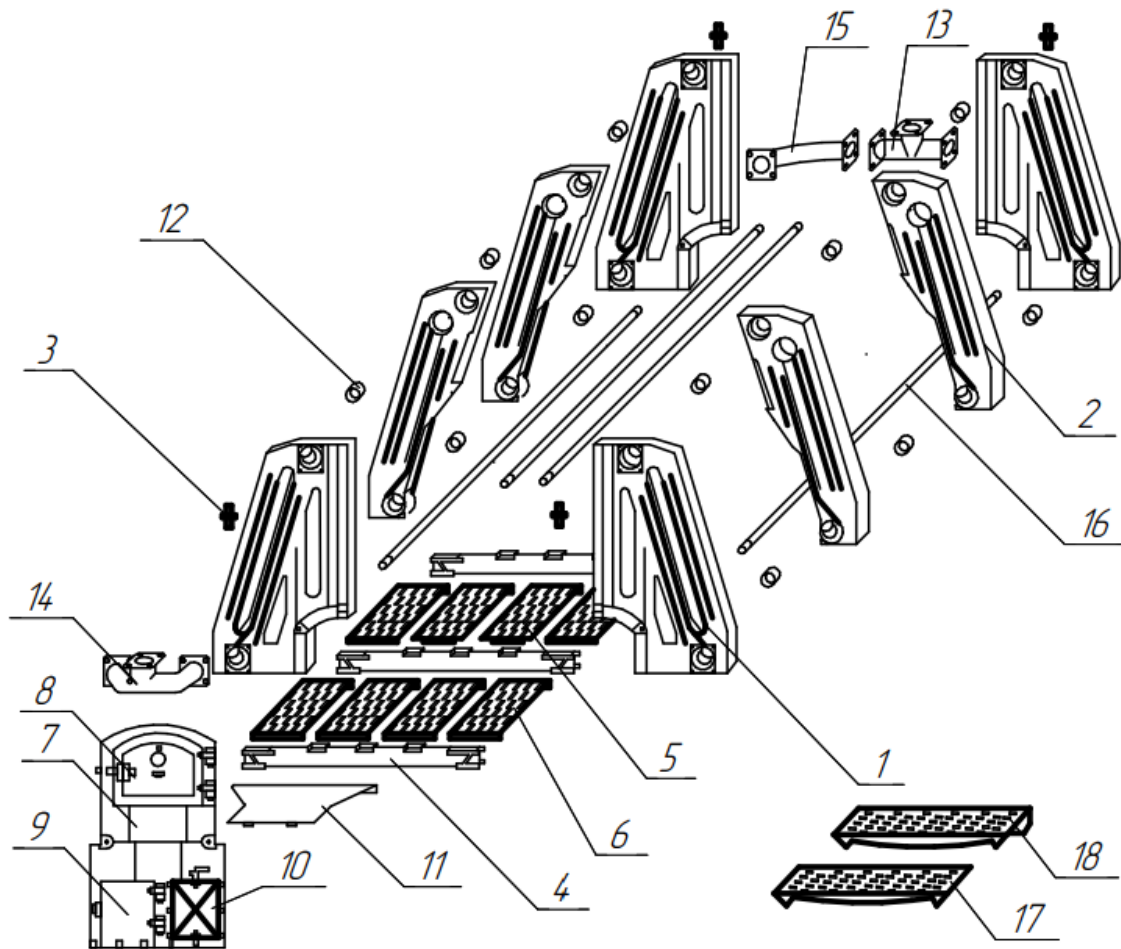


Рисунок 2.3 – Схема монтажу чавунного секційного котла: 1 – секція лобова (крайня); 2 – секція середня; 3 – скоба зв'язку; 4 – колосникова балка; 5 – колосник поворотний; 6 – малий колосник; 7 – фронтальна плита; 8 – дверцята завантажувальні; 9 – зольні дверцята; 10 – шиберний блок (дросель); 11 – плита передня; 12 – ніпель наскрізний; 13 – трійник нижній; 14 – трійник верхній; 15 – відвід; 16 – болт стяжний; 17 – колосник великий; 18 – колосник поворотний

Далі послідовно встановлюють марковані середні секції правої поло-вини котла із встановленням гнізд ніпельів, змащених графітовим змащен-ням або кремнійорганічною мастикою (наприклад “Виксисант”). Секції стя-гують монтажними стяжними болтами, піднімають і встановлюють лобову

секцію. Аналогічно збирають ліву частину котла. Далі встановлюють постійні болти для кріплення і з'єднують між собою лівий і правий пакети секцій патрубками і трійниками. Зазор між секціями котлів не має бути більшим за 2 мм. У зібраному вигляді котел випробовують гідравлічним тиском.

Після цього встановлюють і закріплюють фронтальну плиту, завантажувальну і зольну дверцята, колосники, шибєрні блоки, трос, контрвантажі, приєднують до котла збірні газоходи, монтуєть трубопроводи.

Під час монтажу обладнання котельних і ТЕЦ з котлами середньої потужності (ПТВМ, ДЕ-16, ДЕ-25 тощо) роботи виконують, зазвичай, потоково-суміщеним методом. У окремих випадках, наприклад під час реконструкції, розширення котельні, такі котли монтуєть за допомогою стріл, поліспаєтів, закріплених за будівельні конструкції [20].

Під час монтажу котлів широко застосовуєть метод насування за інвєнтарними шляхами. Для зменшення тягового зусилля використовують спеціальні катки або каткові візки для переміщення обладнання. Під час цього методу монтажу значно скорочуєть загальна тривалість будівництва котельні за рахунок паралельного виконання робіт із збирання котла і спорудження будівлі.

Під час монтажу котлів широко застосовуєть метод насування за інвєнтарними шляхами. Для зменшення тягового зусилля використовують спеціальні катки або каткові візки для переміщення обладнання. Під час цього методу монтажу значно скорочуєть загальна тривалість будівництва котельні за рахунок паралельного виконання робіт із збирання котла і спорудження будівлі.

Зазвичай, котлоагрегати у випадку комплектно-блочного методу монтажу поставляють транспортбельними готовими блоками, які пройшли випробування і не вимагають підготовчих робіт під час монтажу.

Монтаж котлів здійснюєть після доставки відповідних блоків і розвантаження на інвєнтарний шлях. Далі за цим шляхом методом насування з використанням лебідок і домкратів через монтажну пройму блок встановлюють у проектне положення в будівлі котельні (рис. 2.4).

Монтаж каркасів котлів

Каркас котла – це несуча металева конструкція, що сприймає вагу котла з врахування тимчасових і особливих навантажень і забезпечує необхідне взаємне розташування елементів котла.

Каркас котла (рис. 2.5) являє собою жорстку просторову рамну конструкцію, що складаєть із колон, опорних і допоміжних балок. Колони 2 – найбільш відповідальна частина каркасу; вона сприймає усі основні навантаження і передає їх на фундамент 1.

Щоб запобігти нерівномірному нагріву каркасу, його виносять із зони підвищених температур за обмурівку.

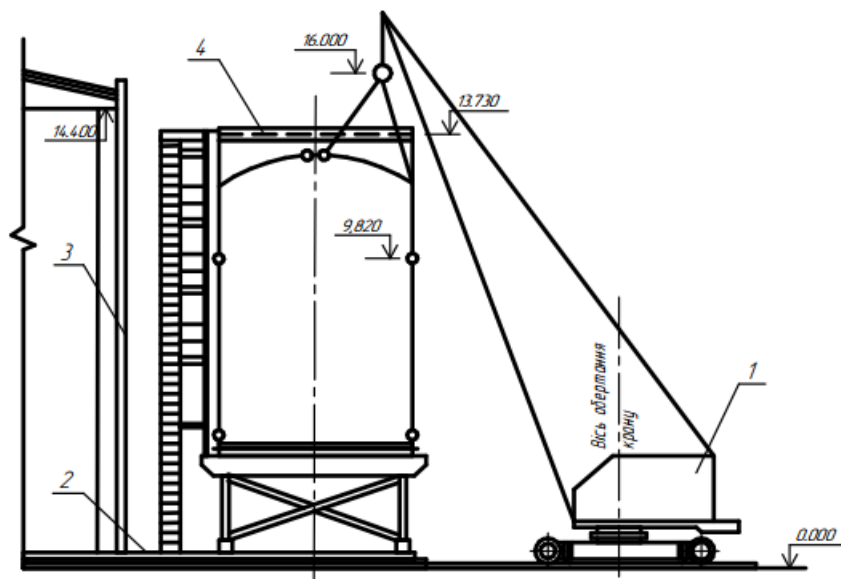


Рисунок 2.4 – Монтаж котла ДЕ-25 методом насування: 1 – кран; 2 – шлях для насування; 3 – будівля котельні ; 4 – котел ДЕ-25

Обмурівка котла – система вогнетривких і теплоізоляційних огорожень або конструкцій котла, призначена для зменшення теплових втрат і забезпечення газової щільності.

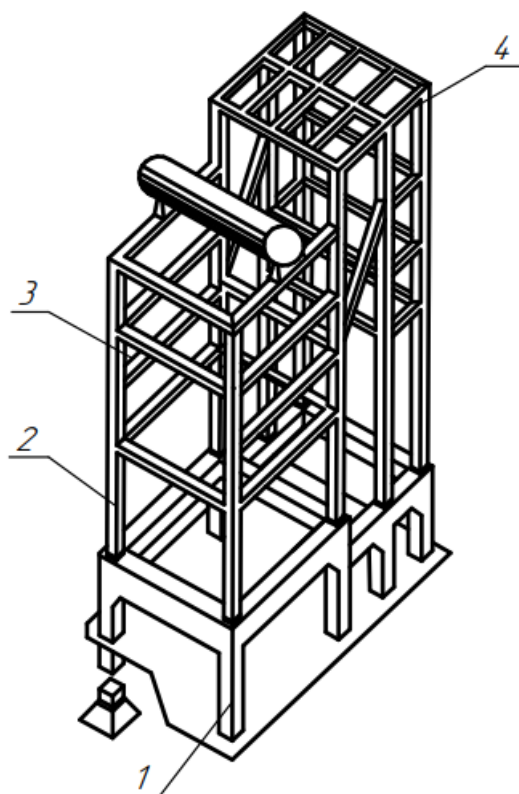


Рисунок 2.5 – Каркас котла: 1 – фундамент; 2 – несуча колона; 3 – зв'язки ; 4 – балка

Каркаси водогрійних котлів заводи-виготовлювачі поставляють на монтажний майданчик окремими елементами (колонами, ригелями, стійками, транспортбельними рамами, балками) [21].

Блоки каркасу для забезпечення швидкісного монтажу повинні містити усі деталі, розташовані у межах габариту блоку. Це скорочує об'єм робіт, що виконуються на висоті.

Оптимальна ступінь укрупнення блоків залежить від місцевих умов і у першу чергу від конструкцій, стану будівельних робіт, наявності і характеристик вантажопідйомних механізмів. Монтувати блоки можна у різній послідовності. Ці питання вирішують для кожного конкретного випадку у розроблених ПВР на монтаж котла.

Каркаси барабанних котлів з вертикальним розташуванням екранних труб у топці зазвичай збирають у плоскі блоки: блоки бічних стін топки і конвективної шахти і блоки стелі.

Після збирання усіх елементів, що входять у склад блоку, на ньому закріплюють тимчасові пристосування, необхідні для монтажу блоку. До монтажних пристосувань відносять: тимчасові елементи посилення блоку; монтажні драбини і монтажні пристосування для стропування блоку.

Маса блоків котлів малої і середньої потужності порівняно невелика, тому їх можна стропувати у обхват за крайні колони у верхній їх частині під горизонтальним елементом. У деяких випадках для стропування приварюють спеціальні деталі – провусини, монтажні штуцери.

Монтаж каркасів котла виконують після проведення підготовчих робіт, що складаються із перевірки правильності розмірів зібраних блоків і готовності фундаменту; підготовку такелажного оснащення і механізмів і перевірку їх встановлення у відповідності до ПВР.

Крім того до монтажу каркасу перевіряють розміри монтажною пройми, що має відповідати максимальним габаритним розмірам блоків.

Монтаж каркасу котла складається: з транспортування блоку в зону дії вантажопідйомного механізму; стропування блоку; установка його у проектне положення і закріплення; розстропування блоку; перевірка його положення; встановлення балок, ригелів та інших зв'язків, які з'єднують блоки каркасу між собою; кінцева перевірка каркасу; зварювання його збірних одиниць і встановлення елементів, що монтуються на розсип.

Зібраний блок подають у монтажну зону за допомогою лебідки або іншого вантажопідйомного обладнання. З метою полегшення робіт під гострі кромки колон і під башмаки підкладають металеві листи. У вертикальне положення блок піднімають вантажопідйомним механізмом, передбаченим у ПВР.

Необхідне положення піднятому блоку (рис. 2.6) надають відтяжками. Після подавання першого блоку і встановлення його на фундамент блок необхідно розкріпити (за чотири точки). Наступні блоки розкріплюють до вже встановлених блоків котла.

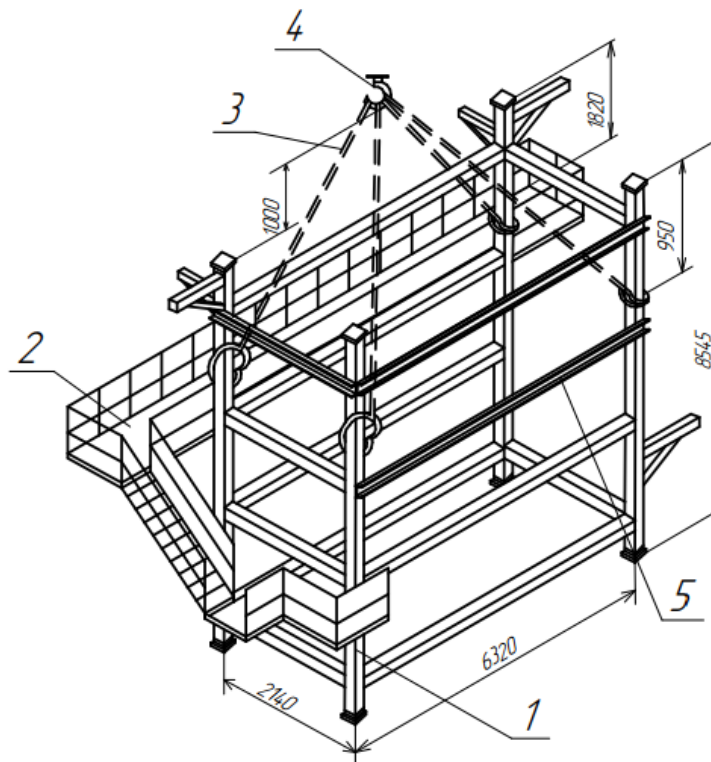


Рисунок 2.6 – Стропування блока каркасу конвективної частини котла ГМ-50-14:
 1 – просторовий блок каркасу котла; 2 – драбини і майданчики; 3 – стропи;
 4 – крюк крана; 5 – тимчасові балки

Після перевірки положення башмаків колон у горизонтальній площині перевіряють їх висотні відмітки нівеліром або гідравлічним рівнем.

Далі встановлюють підкладки необхідної товщини, після цього каркас повинен зайняти проектне положення. Після перевірки положення блоку підкладки приварюють до башмаку колони і закладних деталей фундаменту по усьому периметру.

Далі перевіряють вертикальність положення блока каркасу за допомогою виска. Якщо відхилення більші за допустимі, положення блока каркасу виправляють розчалками.

Після встановлення основних блоків каркасу (для барабанних котлів – це бокові стіни топкової шахти і бокові стіни конвективної шахти) перевіряють рівність діагоналей між кутовими колонами топки, кутовими колонами конвективної шахти, між передніми колонами конвективної шахти і задніми колонами топки.

Усі роботи з монтажу блоків каркасів на висоті виконують з постійних драбин і майданчиків. Тому драбини і майданчики, що не увійшли у склад блоків, встановлюють першочергово.

Перед встановлення окремих балок перевіряють їх довжину. Після заведення балки на місце, перевіряють її положення за допомогою гідравлічного рівня. За необхідності під кінці балки встановлюють підкладки і приварюють їх до балки.

Після монтажу каркас остаточно перевіряють. Для цього виміряють відстані між основними колонами, перевіряють відмітки основних балок, вертикальність колон, прямокутність каркасу по діагоналі у верхньому і нижньому перерізах та інші розміри, які вказані у формулярі.

Допустимі відхилення фактичних розмірів каркаса котла від проектних:

- зміщення центрів башмаків основних колон від осей фундаменту – 5 мм;
- відхилення відстаней між колонами – 5 мм;
- відхилення основних колон і стійок каркасу від вертикалі – 1 мм на 1 м, але не більше 15 мм на весь розмір;
- відхилення верхніх відміток колон від проектних – 5 мм;
- різниця замірів діагоналей каркасу знизу і зверху колон – 1,5 мм на 1 м, але не більше 15 мм на весь розмір;
- відхилення відміток балок, ригелів, щитів – 5 мм;
- відхилення від горизонтальності балок, ригелів, щитів – 5 мм;
- відхилення відстані між балками, ригелями і щитами – 5 мм.

Після завершення перевірки каркасу всі його блоки і вузли зварюють. Після перевірки зварювання каркасу зазор між башмаком і поверхнею фундаменту підливають бетонним розчином. По завершенню монтажу каркасу видаляють усі монтажні пристосування.

Далі монтують поверхні нагріву котла (рис. 2.7, рис. 2.8). Після монтажу поверхонь нагріву котла, завершують його обмурівку. Далі заповнюють котел водою і спостерігають за просіданням фундаменту і колон каркасу та їх вертикальністю за встановленими реперами.

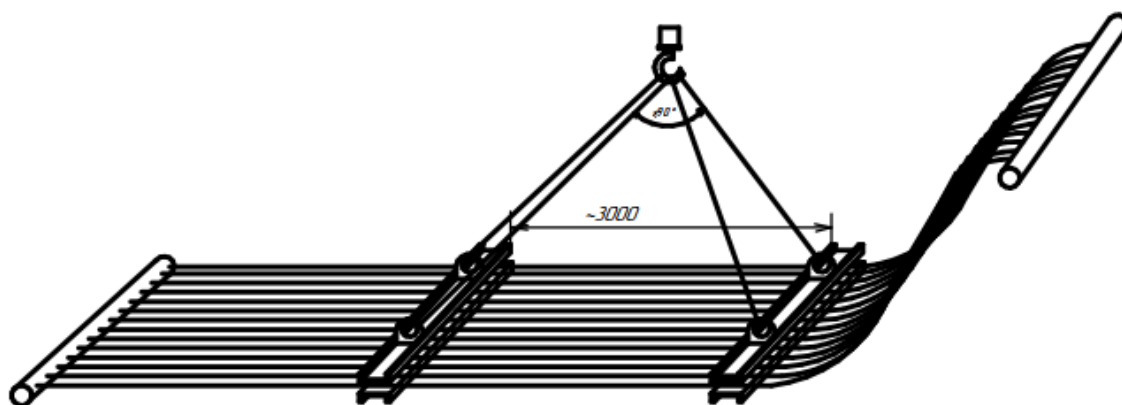


Рисунок 2.7 – Транспортування блока топкового екрану котла ГМ-50-14 за допомогою крану

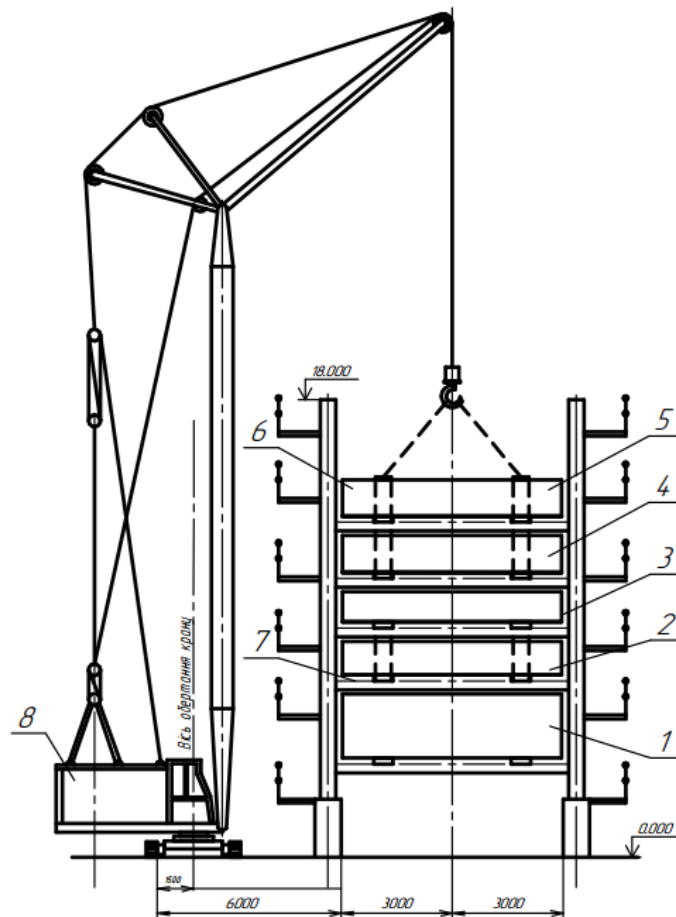


Рисунок 2.8 – Монтаж блоків економайзера котла БКЗ-75 за допомогою крану:
 1, 3 – блоки нижнього (верхнього) повітропідігрівника; 2, 4, 5 – блоки відповідно
 нижнього, середнього, верхнього пакетів економайзера; 6 – каркас;
 7 – тимчасовий зв'язок; 8 – кран

2.3.2 Монтаж турбоустановок

Організація монтажних робіт у машинній залі

Парові та газові турбіни монтують у машинній залі. Відповідно до ПВР у машинній залі споруджують тимчасові побутові приміщення, приміщення для технічного персоналу, комори для зберігання мілкого обладнання, інструменту і допоміжних матеріалів. Згідно із компоувальними кресленням перевіряють чи не зашкоджують тимчасові споруди монтажу турбоагрегатів, трубопроводів та іншого тепломеханічного обладнання [22].

Далі, на території машзали розміщують спеціалізовані робочі місця для виконання ревізії, вузлового та укрупнювального збирання обладнання.

Згідно із ПВР встановлюють крани, верстати, зварювальні апарати, інструментальні шафи тощо. Також встановлюють свердлильний, токарний та заточувальні верстаки.

Усі монтажні роботи повинні вестися із оформленням необхідних документів, журналів монтажних робіт, монтажних формулярів, актів. Також фіксують початок і закінчення монтажних робіт, дефекти обладнання, що

виявилися під час монтажу, заході з їх усунення, взаємне положення елементів змонтованої турбоустановки, результати випробування і перевірки обладнання. Складаються акти приймання фундаментів, змонтованого обладнання і трубопроводів.

Перевірка і підготовка фундаменту до монтажу

Під час контролю фундаменту перевіряють його міцність, монолітність і відповідність фактичних розмірів проектним. Необхідно звернути увагу на відсутність раковин і тріщин. Виконується перевірка правильності виконання отворів під фундаментні болти.

Фундаменти під турбоагрегати бувають двох видів: з встановленням опор фундаментних рам турбіни безпосередньо на бетон; з залитими у верхню частину фундаменту спеціальними закладними плитами.

Для турбін, що не мають закладних плит, на верхньому поясі фундаменту підготовлюють місця для постійних підкладок і парних клинів. З метою полегшення виконання цих робіт під час бетонування верхньої частини фундаменту перед початком схоплення бетону у тих місцях, де будуть встановлені підкладки, рекомендується встановити стругані сталеві плитки і вивірити їх положення за допомогою нівеліра та рівня з необхідною точністю. Після тверднення бетону і видалення плиток місця під підкладки і парні клини не потребують додаткового оброблення.

У випадку підготовки затвердлого фундаменту виконується вирублення нерівностей бетону зубилом з наступним притиранням посадкових місць. Оброблені місця під постійні підкладки повинні розташовуватись горизонтально з нахилом не більше 0,5/1000 мм. Довжина і ширина оброблюваних місць повинна бути на 20 – 30 мм більше, ніж у підкладок.

Технологічна послідовність робіт під час монтажу турбіни

Типовий технологічний процес монтажу турбіни [22].

Монтаж повинен бути виконаний таким чином, щоб у змонтованому вигляді турбіна задовольняла тим самим вимогам, які були виконані під час загального збирання на заводі.

Основні етапи монтажу турбіни:

- підготовка вузлів турбіни до монтажу;
- збирання циліндрів турбіни;
- встановлення і вивірення корпусів циліндрів і підшипників;
- встановлення вкладишів підшипників;
- встановлення перевірка центрування роторів;
- встановлення постійних підкладок;
- перевірка центрування деталей проточної частини;
- підливання фундаментних рам;
- закриття турбіни для випробування;
- нанесення теплової ізоляції;

- випробовування турбогенератора.

Одночасно ведеться монтаж генератора або нагнітача (для газових привідних турбін) і допоміжного обладнання

Для газових турбін, що мають окрему камеру згорання, додатково виконуються роботи з її встановлення у отвір фундаменту і далі з приєднання її до циліндру.

Більш детально про кожний етап монтажу описано у [22].

2.4 Технологія монтажу обладнання котельних установок: теплообмінники, насоси, димососи, вентилятори, деаератори

2.4.1 Монтаж теплообмінних апаратів

У теплових схемах котелень, ТЕЦ, теплових пунктів а також у технологічних схемах підприємств різних галузей використовуються теплообмінні апарати різних типів. Серед них кожухотрубні, «труба в трубі», ємкісні, пластинчасті тощо [23].

Кожухотрубні теплообмінники та теплообмінники типу «труба в трубі» порівняно невеликі за габаритними розмірами і масою, тому транспортувати їх до місця монтажу неважко. Для перевезення таких теплообмінників використовують автомобілі, трейлери та інші транспортні засоби достатньої вантажопідйомності.

Перед встановленням теплообмінників на фундаменти необхідно виконати приймання фундаментів під монтаж із складанням відповідного акту.

Перед монтажем теплообмінних апаратів необхідно: перевірити комплектність апаратів згідно із комплектувальними відомостями і пакувальними листками; розконсервувати (за необхідності) і оглянути усі збиральні одиниці і деталі, переконатись у відсутності пошкоджень; перевірити відповідність прокладок умовам експлуатації; перевірити наявність біля штуцерів заглушок із прокладками (для запобігання попадання в апарат атмосферних опадів та бруду); перевірити наявність відповідних фланців; перевірити наявність на корпусі апарату пристосування для нанесення на апарат теплоізоляції; перевірити відповідність отворів під болти в опорах апарату розташуванню болтів на фундаменті; наявність документів про приймання фундаменту [23].

Монтаж теплообмінних апаратів виконують відповідно до ПВР і вимог інструкцій з експлуатації, виданих заводом-виготовлювачем.

Коли теплообмінники монтуєть на висотних металоконструкціях, спеціальні фундаменти під них не влаштовують, а кріплять їх до балок перекриття.

Монтаж теплообмінних апаратів на нульовій відмітці виконується за допомогою самохідних кранів та трубоукладачів вантажопідйомністю 10 – 15 т. Теплообмінні апарати зазвичай мають одну опору нерухому, а

іншу – рухому. Під час монтажу під рухому опору підкладають плиту, по якій має ковзати опора апарату.

Під час монтажу теплообмінних апаратів типу «труба в трубі» опорний каркас кріплять жорстко до обох опор.

Для встановлення теплообмінників на висотні металокопункції застосовують самохідні крани, що мають достатній виліт, довжину стріли і вантажопідйомність, а також найпростіші вантажопідйомні механізми (поліспасти, талі, стріли), які кріплять до змонтованих металокопункцій. Варіанти стропування теплообмінних апаратів показані на рис 2.9.

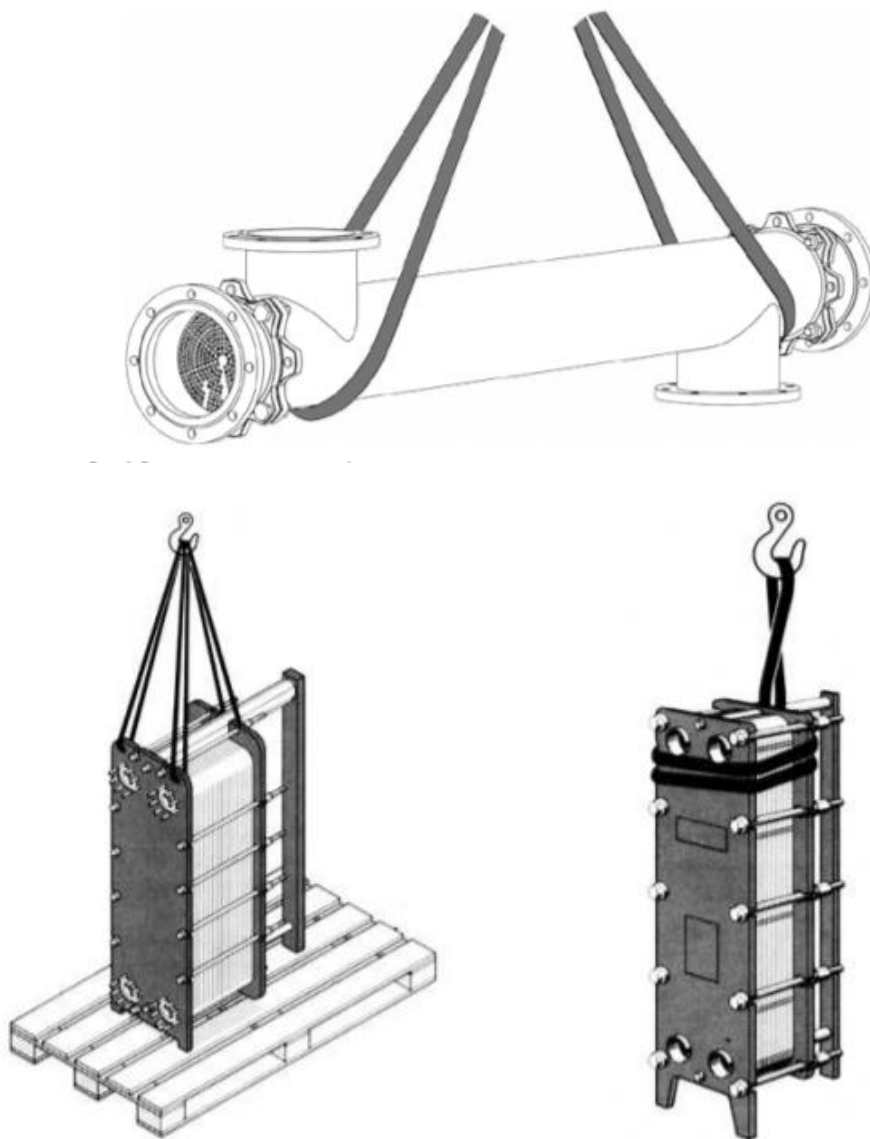


Рисунок 2.9 – Варіанти стропування теплообмінних апаратів

Монтаж теплообмінних апаратів повинен виконуватись у максимально зібраному вигляді із встановленими вузлами трубопроводів та металокопункціями каркасів. До встановлення у проектне положення виконують гідравлічне випробування на міцність. Тиск гідравлічного випробування в 1,25 – 1,5 рази більше робочого [23].

Випробування міжтрубного і трубного простору виконують окремо. Про проведення гідравлічного випробовування складають акт.

Горизонтальні теплообмінні апарати встановлюють з нахилом 0,002 – 0,003 у бік спускного штуцера.

Під час перевірки теплообмінних апаратів відхилення від проектних осей і відміток та в горизонтальному та вертикальному напрямках показані у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Відхилення положення теплообмінного апарату від проектного

| Напрямок перевірки | Величина |
|---|----------------------------------|
| Головні осі апаратів у плані | ± 10 мм |
| Фактична висотна відмітка встановленого апарату | ± 10 мм |
| Вісь вертикального апарату від вертикальності | 3 мм на 1 м, але не більше 35 мм |
| Вісь горизонтального апарату від горизонтальності або заданого нахилу | 0,5 мм на 1 м |

Правильність встановлення апаратів і каркасів на фундаменті або іншій основі перевіряють за допомогою тахеометричного теодоліта (вертикальність апаратів), гідростатичним рівнем та контрольною лінійкою (горизонтальність або відхилення від проектного нахилу).

Під час монтажу кожухотрубних теплообмінників необхідно звертати увагу на прилягання лап апаратів до опорних конструкцій. Ковзальні опори горизонтальних теплообмінників змащують під час монтажу (наприклад графітовим змащенням). Болти у ковзальній лапі повинні мати зазор у овальному отворі у напрямку температурного подовження апарату, гайки не повинні бути затягнуті.

Пластинчасті теплообмінники поставляються у зібраному вигляді, лежачи на фіксованій кришці або стоячи на сталевій або дерев'яній пелеті. Пелету можна підняти навантажувачем і транспортувати.

Для переміщення теплообмінника потрібно використовувати спеціальні провущини або частини рами (рис. 2.9). Використовувати для переміщення болти для кріплення або приєднувальні патрубки заборонено.

Послідовність операцій по встановленню пластинчатого теплообмінника у проектне положення:

- видалити усі гвинти для кріплення та елементи дошки;
- прикріпити ремінь до болтів з обох боків теплообмінника (використання сталевих канатів не дозволяється);
- повільно підняти теплообмінник від підлоги, зберігаючи центр ваги;
- перемістити теплообмінник до місця монтажу;
- повільно опустити теплообмінник на підлогу в той же час надавши йому кінцеве положення у місці встановлення;
- видалити стропа і якір теплообмінника.

Усі з'єднання з теплообмінником мають бути забезпечені запірними клапанами. Нижні з'єднання повинні бути забезпечені дренажними клапанами, а верхні – повітроспускними пристроями. Регулювальний клапан з гарячого боку повинен бути встановлений на лінії подачі між насосом і відсічним клапаном.

Перед здаванням змонтованого апарату в експлуатацію виконують гідравлічне випробування теплообмінника.

Випробування горизонтальних теплообмінних апаратів виконують після встановлення їх у проектне положення, а вертикальних (масивних) – перед встановленням [24].

Після гідравлічного випробування для зменшення теплових втрат корпус теплообмінника ізолюють. Ізоляцію переважно виконують матами з мінеральної вати.

2.4.2 Монтаж насосів

Насоси поставляються на споруджувані об'єкти з баз управління виробничо-технологічної комплектації або трубозаготовительних заводів в агрегованому вигляді, тобто насос і електродвигун закріплені на одній рамі з встановленими засувками, зворотними клапанами і врізаними оцупками під термометри і манометри [9, 25].

У загальному випадку встановлення відцентрового насоса виконується таким чином: приймають насоси з обв'язкою, доставлені з баз управління виробничо-технологічної комплектації або трубозаготовительного заводу (вхідний контроль); перевіряють готовність фундаментів під насос, звернувши особливу увагу на розташування болтів для кріплення рами під насосний агрегат; анкерні болти, закріплені в шаблон гайками, опускають в гнізда фундаменту, встановлюючи їх на необхідну висоту за допомогою клинів, і заливають гнізда дрібнозернистим бетоном або цементним розчином (перед встановленням гніздо фундаменту різьба анкерних болтів вище шаблону змащується машинним мастилом і обгортається дрантям з обв'язкою дротом) (рис. 2.10); через 48 годин після заливання гнізд відкручують гайки, знімають шаблон, а клини залишають на місці; насосні агрегати встановлюють на клинах. По черзі висуваючи клини, опускають агрегати на фундамент; вивіряють агрегати за рівнем, загвинчують гайки і контргайки і при необхідності виконують підливання фундаментів з дрібнозернистого бетону або цементного розчину; приєднують до насосних агрегатів трубопроводи.

Центрування насоса під час монтажу є обов'язковою умовою для його безперебійної роботи. Погане центрування може привести до появи підвищених вібрацій, шуму, перегріву підшипників, зносу робочого колеса. Таким чином, необхідно правильно відцентрувати з'єднання і проводити періодичний його контроль. Пружна муфта не призначена для коригування неправильного центрування валів насоса і двигуна. Центрування необхідно для того, щоб вал насоса і двигуна перебував на одній осі.

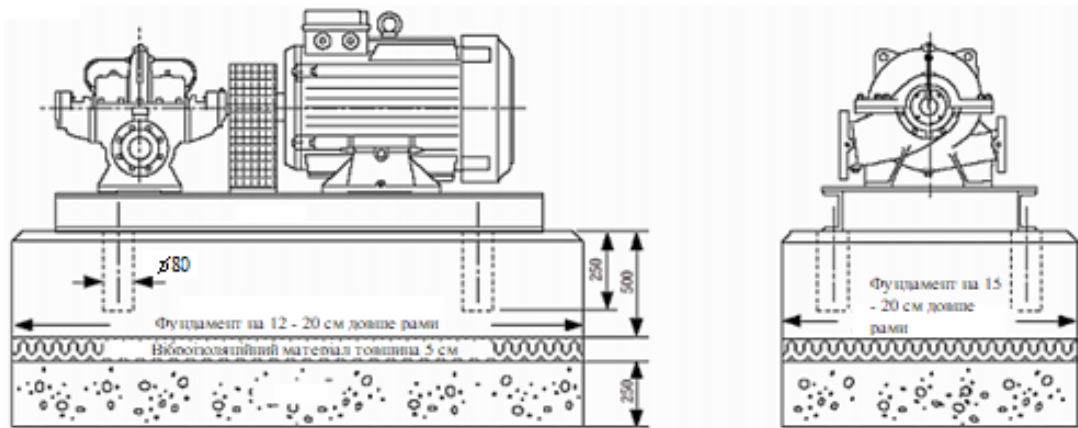


Рисунок 2.10 – Узагальнена схема монтажу насосу

При роботі агрегатів шум і вібрація передаються від насоса через трубопроводи і фундаменти. Для усунення вібрації і шуму, де це необхідно насосні агрегати встановлюють на плаваючих фундаментах, які через віброізолятори спираються на чисту підлогу, а на всмоктувальних і нагнітальних трубопроводах монтують гнучкі вставки.

Під час приєднання всмоктувального та нагнітального трубопроводів до патрубків насосу необхідно забезпечити відсутність передавання механічних напруг від трубопроводів до патрубків. Для досягнення цієї мети поблизу патрубків насосу встановлюють опори трубопроводів.

Крім того, необхідно забезпечити найменший опір на всмоктувальному трубопроводі, для цього трубопровід повинен мати мінімальну довжину, мати мінімальну кількість колін (поворотів) і бути забезпечений арматурою відповідного розміру. Діаметри трубопроводів і арматури не повинні бути меншими за діаметри всмоктувального (напірного) патрубків насосу.

Ущільнення фланцевих з'єднань досягається за допомогою прокладок з відповідного матеріалу, необхідного розміру і товщини.

Якщо напір насосу перевищує 10 м або напірний трубопровід більшої довжини, то між насосом і запірним (регульовальним) краном повинен бути встановлений зворотний клапан. Він встановлюється для захисту насосу від гідравлічних ударів і зворотної течії рідини під час зупинку насосу.

На трубопроводи і насос встановлюється додаткова арматура: для охолодження, змащення і промивання ущільнень, дренажу; для реєстрації робочих параметрів насосу (манометри, витратоміри, датчики тиску, температури тощо).

2.4.3 Монтаж димососів і вентиляторів

Відцентрові димососи призначені для встановлення на димові труби котлів і дозволяють забезпечити необхідне розрідження за котлом для його

ефективної роботи [25]. Димососи рекомендовано встановлювати у випадках коли: природна тяга системи димовидалення не може ефективно видаляти продукти згорання палива; неможливо забезпечити достатню висоту димової труби, яку рекомендує виробник котла. Встановлення димососа в систему димовидалення може призвести до ряду переваг: підвищити ККД котла; знизити витрату палива; рідше потрібно чистити димохід; покращується тяга.

Встановлення димососа може виконуватись як на горизонтальних, так і на вертикальних ділянках димоходу. Відстань від димососа до котла має бути максимально можливою за напрямком руху димових газів. Необхідно слідкувати, щоб температура димових газів не перевищувала максимальну робочу температуру димососа, щоб уникнути його пошкодження.

У теплових схемах котелень та теплоелектроцентралей (ТЕЦ) вентилятори використовують для забезпечення повітрообміну у приміщеннях та для подачі повітря в топку котлі під тиском. Дуттєві вентилятори котла забезпечують безперервну роботу і високу продуктивність котлового обладнання.

Найчастіше місце встановлення дуттєвого вентилятора – підлога або нижня частина котла. Відцентрові вентилятори, як і димососи можуть встановлюватись на жорсткі або віброізоляційні основи [26].

Невеликі вентилятори (до № 12) доставляють на об'єкт переважно у зібраному вигляді. Вентилятори у зібраному вигляді можуть бути встановлені на фундаментах, металевих кронштейнах або майданчиках.

Монтаж вентиляторів та димососів ведуть за типовими технологічними картами в наступній послідовності [27]: перевіряють комплектність поставки; роблять передмонтажну ревізію (при необхідності - замовник або за його дорученням монтажна організація); доставляють до місця монтажу; піднімають і встановлюють на фундамент, майданчик або кронштейн; перевіряють правильність встановлення, виправляють і закріплюють у проектне положення; перевіряють працездатність. Якщо поставка вентиляторів та димососів виконується із окремих деталей, то до перерахованих технологічних операцій додається ряд операцій із збирання і агрегування обладнання, які можуть виконуватись безпосередньо на місці монтажу або на складальному майданчику. Метод установки та способи монтажу вентиляторів та димососів визначаються проектом виконання робіт і місцевими умовами.

Відцентрові вентилятори та димососи в межах монтажного майданчика переміщуються за допомогою різних пристроїв: на платформах (підкладних аркушах, санчатах, автомобілях, причепах тощо); вантажопідйомними засобами (мостовими, баштовими, стріловими кранами, автотранспортом тощо); на візках по тимчасових рейкових шляхах; насуванням. Застосування того чи іншого способу залежить від умов будівництва.

Великогабаритні вентилятори (№ 5...12,5) опускаються у вентиляційні камери одночасно з монтажем будівельних конструкцій або доставляються на місце монтажу вантажопідйомними засобами через монтажні отвори. Відцентрові вентилятори та димососи до № 5, зазвичай, встановлюють після

оздоблювальних робіт. Вентилятори та димососи розміром понад № 12,5 піднімають на фундамент або іншу опорну конструкцію різними способами: методом насування; за допомогою лебідок, стрілових, баштових або мостових кранів тощо. Для підйому вентилятора (димососа) методом насування (рис. 2.11, а) під невеликим кутом на фундамент укладають лаги, а на стіні закріплюють блок, через який пропускають канат до лебідки. При обертанні лебідки канат намотується на барабан і вентилятор (димосос) по лагах насувається на фундамент [28].

При встановленні відцентрових вентиляторів (димососів) на фундамент за допомогою різних вантажопідйомних засобів проводиться залежно від конструктивної схеми виконання вентилятора (димососа) стропування, його переміщення та встановлення на фундамент методом нарощування (рис. 2.11, б). Потім його вивіряють так, щоб відхилення осей рами від проектного положення в плані та по висоті було не більше, ніж 5 мм. Правильність встановлення рами досягається за допомогою тимчасових дерев'яних клинів та металевих підкладок, які не повинні виступати за кромки рами більш, ніж на 20 мм.

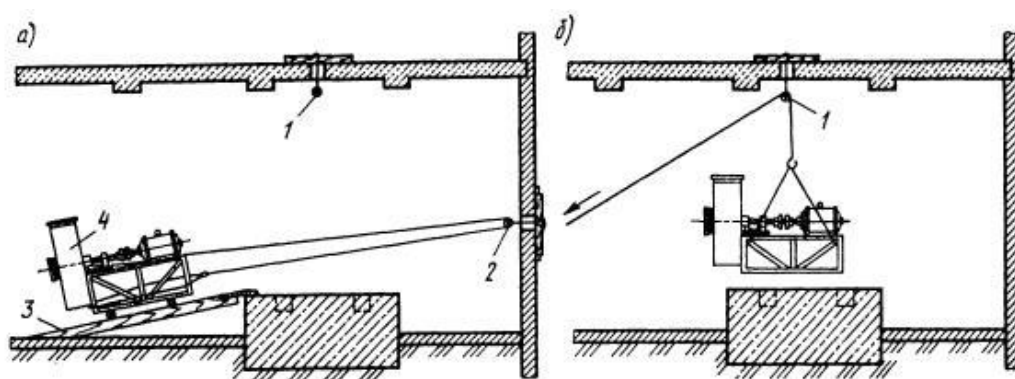


Рисунок 2.11 – Підйом вентилятора (димососа) на фундамент;
а – насування; б – лебідкою; 1, 2 – блоки; 3 – лаги;
4 – вентилятор (димосос)

До бетонних фундаментів відцентрові вентилятори (димососи) кріплять анкерними болтами, а при їх встановленні на жорстку основу станина вентилятора повинна щільно прилягати до звукоізоляційних підкладок із листової гуми товщиною 20...25 мм. Якщо відцентрові вентилятори (димососи) встановлюють на пружинних віброізоляторах, то їх попередньо кріплять за допомогою болтів до рами вентилятора (димососа). Якщо вентилятор (димосос) з пружинними віброізоляторами встановлюється безпосередньо на підлогу, то віброізолятори до нього не кріплять, але слідкують за тим, щоб віброізолятори мали рівномірне осідання.

Агрегати з вентиляторами (димососами) №16 і вище монтуються в такій послідовності: перевіряють наявність заводської документації; розпакову-

ють і розконсервуюють складальні одиниці; перевіряють комплектність агрегату згідно робочої і заводської документації; встановлюють раму вентилятора (димососа) на тимчасові підставки; збирають і встановлюють на раму нижню половину кожуха; відкручують болти і знімають вхідний патрубков; встановлюють строго горизонтально на раму вал зі стійкою, на якій насаджують робоче колесо і закріплюють його; встановлюють верхню половину кожуха, поставивши між фланцями ущільнювальні прокладки і з'єднують обидві частини кожуха болтами; встановлюють і закріплюють вхідний патрубков; перевіряють, регулюють і закріплюють зазори між кромкою переднього диска робочого колеса і кромкою вхідного патрубка вентилятора в осьовому і радіальному напрямку; виймають тимчасові підставки, застосовувані для вивірки віброізоляторів, і закріплюють на фундаменті або на рамі кожух і вал зі стійкою; перевіряють балансування вентилятора (димососа); встановлюють електродвигун з приводом, який кріплять болтами до санчат, що встановлені на рамі, при цьому осі шківів електродвигуна і вентилятора (димососа) з клиноремінною передачею повинні бути паралельними, а середні лінії шківів збігатися; огороджують клиноремінну передачу або з'єднуювальну муфту [27].

Роботу змонтованих відцентрових вентиляторів (димососів) доцільно перевірити шляхом пробного пуску на одну годину. За наявності сторонніх шумів, стукотів і вібрації, які можуть бути викликані недостатнім центруванням валів, недостатньою жорсткістю віброоснови і фундаменту, вентилятор негайно зупиняють, визначають причину неполадок і усувають їх.

Осьові вентилятори встановлюють на фундаментах, металевих опорах – кронштейнах, в стінних отворах і в повітропроводах.

До початку монтажу перевіряють справність і комплектність вентиляторів і проводять візуальний огляд опорних конструкцій.

Монтаж вентилятора в зібраному вигляді, робоче колесо якого кріпиться безпосередньо на валу електродвигуна, полягає в його стропуванні та встановлення на готову основу з подальшим кріплення рами болтами. Переміщують і піднімають вентилятор кранами, ручними та електричними лебідками залежно від конкретних умов. Осьові вентилятори, змонтовані у зовнішніх стінах, постачають шумопоглинальними прокладками і клапанами, керування якими повинно знаходитися всередині приміщення на висоті 1,5 ... 1,8 м від підлоги.

Під час монтажу осьового вентилятора в повітроводі (рис. 2.12) попередньо в перекритті встановлюють підвіски для вентилятора, а потім вентилятор піднімають на проектну відмітку. Далі вентилятор з автогідропідіймача або засобів підмоцнення закріплюють на підвісах і знімають строп, а потім приєднують до нього на фланцях повітропровід. В повітропроводі, розташованому з боку електродвигуна, роблять лючок для підключення вентилятора до електромережі та проведення профілактичного ремонту і огляду.

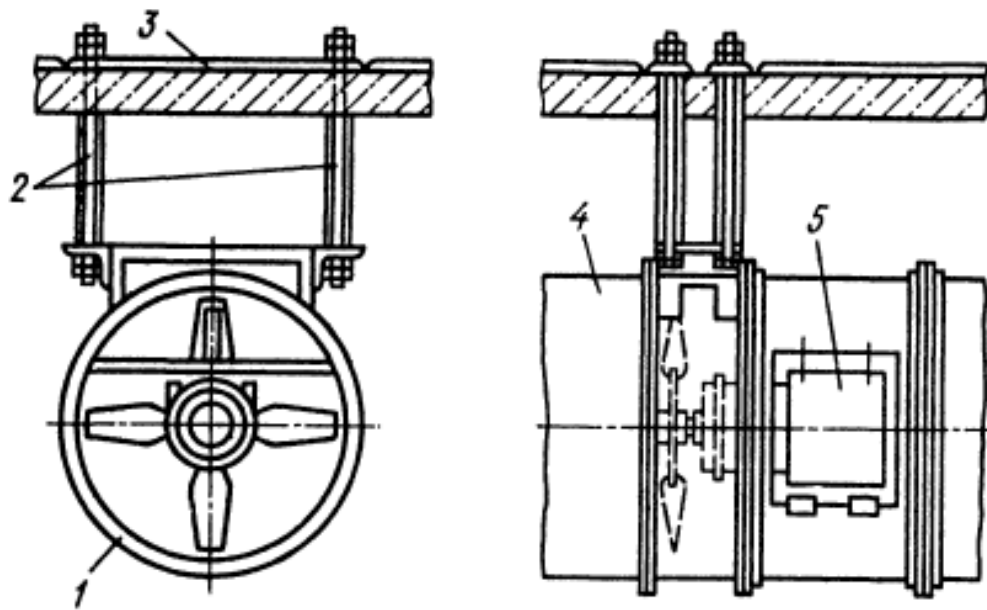


Рисунок 2.12 – Установка осьового вентилятора;
 1 – вентилятор; 2 – підвіски; 3 – перекриття; 4 – повітропровід; 5 – лючок

Збірні осьові вентилятори з віброосновами монтуються в такій самій послідовності, що і радіальні вентиляційні агрегати.

Під час оцінювання якості монтажу осьового вентилятора перевіряють:

- міцність кріплення вентиляторів до опорних конструкцій або підвісок;
- вертикальність і горизонтальність установок;
- герметичність з'єднання обичайки з фланцями повітропроводу або газоходу;
- зазор між обичайкою і робочим колесом (він повинен бути рівномірним і не перевищувати 1% від діаметра робочого колеса);
- легкість і правильність напрямку обертання робочого колеса (напрямок обертання визначається шляхом короткочасного включення електродвигуна; у правильно змонтованого вентилятора потік повітря направлений з боку електродвигуна) [26].

Радіальні і осьові дахові вентилятори встановлюють на покриттях промислових, рідше громадських будівель на залізобетонних та металевих підставах, забезпечених анкерними болтами.

Вентилятори дахові монтують баштовими або стріловими кранами методом нарощування: оглядають стакани і вентилятори, готують монтажне оснащення, приєднують до отвору всмоктування клапан з самовідкриванням; встановлюють піддон і закріплюють його болтами до стакану; виконують стропування, переміщення і установку на стакан вентилятора; перевіряють і виправляють за рівнем вентилятор; остаточно закріплюють вентилятор, накручуючи на кожен анкерний болт по дві гайки.

Після закінчення монтажу вентилятори підключають до електромереж і перевіряють правильність їх встановлення під навантаженням, в тому числі на міцність кріплення вентилятора та електродвигуна до опор і на правильність балансування колеса вентилятора.

Всмоктувальний отвір вентилятора не підключений до повітропроводу, має бути захищений металеву сіткою.

2.4.4 Монтаж деаераторів

Деаераторні колонки і живильні баки надходять на монтажний майданчик окремо.

Колонки до баків приварюють під час виконання монтажних робіт. Кільця горловин живильних баків ємністю 90 м³ і більше постачаються окремо від баків. В цьому випадку горловину 3 (рис. 2.13) після збирання потрібно приварити до деаераторної колонки (стик 7), а потім разом із нею встановити і приварити до баку (стик 8). Такий спосіб збирання забезпечує можливість виконання внутрішніх зварних швів або встановлення підкладних кілець.

Зварювання деаераторів з абсолютним тиском пари в них 0,588 МПа виконується відповідно до [29].

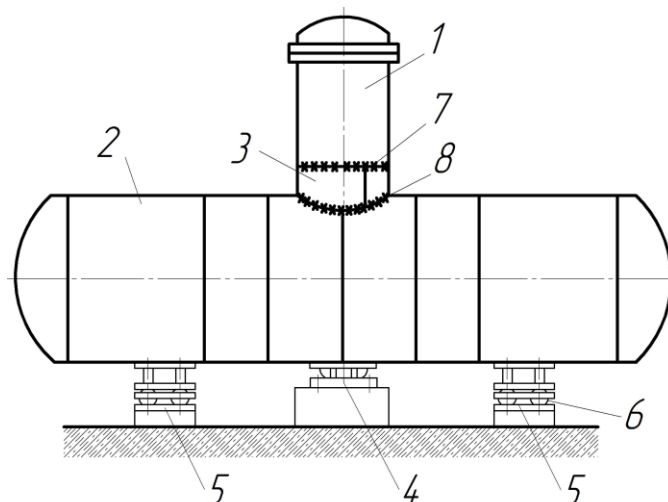


Рисунок 2.13 – Встановлення деаератора:
1 – деаераційна колонка; 2 – бак; 3 – горловина;
4 – нерухома опора; 5 – рухома опора; 6 – каток;
7 – монтажний стик (приварюється першим);
8 – другий монтажний стик

Ділянка шва приварювання горловини до деаераторної колонки довжиною 10% підлягає перевірці просвічуванням.

Кутовий шов приварювання горловини до живильного баку також підлягає перевірці відповідно до чинних нормативів.

Спосіб монтажу деаераторів визначається компоновкою станції (котельні) і ступенем готовності будівельної частини будівлі. За наявності баштового крану достатньої вантажопідйомності деаератори у зібраному вигляді можуть

бути встановлені на місце перед збиранням покрівлі деаераторного відділення. У цьому випадку на укрупнювальному майданчику необхідно виконати повне збирання деаераторів із встановленням майданчиків для обслуговування, частини трубопроводів і виконанням теплової ізоляції. На май-

данчику, окрім збирання і зварювання деаераторів, також необхідно виконати їх гідравлічне випробовування і здати їх інспектору Держнагляду. Внутрішні поверхні деаераторних баків повинні бути очищені, а на їх патрубки встановлені металеві заглушки.

Якщо покрівля встановлена, а тимчасовий торець будівлі відкритий, то деаератор заводять баштовим краном із торця.

Переміщення деаератора вздовж деаераторного приміщення від пройому до місця встановлення виконують вздовж двох залізничних рейок або двотаврових балок № 16 або 20, що вкладені на шпали. Над пройомами у перекритті, через який необхідно перемістити деаератор, потрібно встановити замість шпал двотаврові балки достатнього перерізу.

У випадку готовності будівельної частини будівлі і затримки з поставкою деаераторів монтаж їх виконують мостовим краном котельні. При цьому після підйому деаератор за допомогою лебідок розвертають, подають на етажерку і встановлюють на місце. Піднімати деаератори таким чином необхідно до початку монтажу майданчиків обслуговування і трубопроводів по фронту котла.

Якщо бетонні опори виконані будівельниками перед встановленням деаератора, то його затягують на них вздовж нахиленої естакади, яку виготовляють із шпал з укладеними на них рейками або балками. Далі деаератор піднімають на домкратах, а рейки і шпальні викладки видаляють.

Фундаментні плити опор деаератора встановлюють на сталевих плоских і клинових підкладках. Плити вирівнюють за рівнем так, щоб їх опорна поверхня була горизонтальною; відхилення не повинно перевищувати п'ятих восьми поділок рівня з ціною поділки 0,1 мм/м. Висотні відмітки плит повинні бути однаковими; відхилення повинно бути не більше 10 мм, що перевіряють гідрорівнем.

Положення деаератора на опорах повинно відповідати рис. 2.13 [30].

Співпадіння осі деаераторної головки із вертикаллю перевіряють за виском. На плитах рухомих опор встановлюють обойми з роликками. Ролики вздовж всієї довжини повинні прилягати до опорних поверхонь плит і деаератора. Після закінчення вивірення деаератора фундаментна плита нерухомої опори щільно притискається до неї клиновими підкладками. Фундаментні плити і підкладки прихвачують за допомогою електрозварювання і підливають бетоном. Нерухому опору деаератора жорстко з'єднують болтами із фундаментною плитою.

Для промивання деаератора трубопроводу, приєднані до оголовка деаератора, тимчасово приєднують безпосередньо до бака.

Випробувальний тиск для деаераторів з тиском пари 0,588 МПа складає 0,784 МПа. Запобіжні клапани налаштовуються на 0,608 МПа.

2.5 Виготовлення та монтаж трубопроводів котелень та ТЕС

Пристрої, що призначені для транспортування рідких, газоподібних і твердих сипучих речовин, називають трубопроводами. Вони складаються із щільно з'єднаних між собою прямих ділянок труб, деталей трубопроводів, запірно-регулювальної арматури, контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматизації, опор і підвісок, кріпильних матеріалів (болтів, гайок, шпильок, шайб), прокладок і ущільнень, а також теплової та антикорозійної ізоляції [31].

Трубопроводи мають бути надійні і безпечні в експлуатації, оскільки несправність у будь якій частині трубопроводу може викликати аварію або повну зупинку виробництва, котельні, ТЕС або навіть усього промислового об'єкта.

Надійність і безпека роботи трубопроводів залежать від великої кількості факторів, серед яких [31]:

- міцнісні характеристики матеріалів, з яких виготовлені трубопроводи;
- характер навантажень, що діють на трубопровід (статичні, динамічні, механічні, теплові тощо);
- характер напружень, що виникають у трубопроводі (розтяг, стиск, згин, кручення тощо);
- робочі параметри транспортованого продукту (температура і тиск);
- фізико-хімічні властивості продукту, фізичний стан транспортованого продукту;
- умови та тривалість експлуатації;
- механічні пошкодження.

Великий вплив на підвищення надійності здійснює також дотримання технології і якість виконання будівельно-монтажних робіт.

За територіальною ознакою технологічні трубопроводи поділяють на внутрішньоцехові, які з'єднують апарати і машини в межах однієї технологічної установки або цеху і розміщені всередині будівлі або на відкритому майданчику, та міжцехові, які з'єднують технологічні установки, апарати, ємності, що знаходяться у різних цехах [31].

Внутрішньоцехові трубопроводи мають складну конфігурацію, велику кількість деталей, арматури і зварних з'єднань. Міжцехові трубопроводи, навпаки, характеризуються досить довгими прямими ділянками, відносно невеликою кількістю деталей, арматури і зварних з'єднань.

За сукупністю технічних вимог, що висуваються до проектування, виготовлення, монтажу, ремонту та експлуатації сталевих трубопроводів, їх поділяють на категорії і групи (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Категорії трубопроводів для пари і гарячої води [25]

| Категорія трубопровода | Середовище | Робочі параметри теплоносія | |
|------------------------|--|---------------------------------------|----------------------------|
| | | Тиск надлишковий, кгс/см ² | Температура середовища, °С |
| I | Перегріта пара Гаряча вода, насичена пара | Незалежно Понад 184 | Понад 450 Понад 120 |
| II | Перегріта пара Гаряча вода, насичена пара | До 39 80...184 | 350...450 Понад 120 |
| III | Перегріта пара Гаряча вода, насичена пара | До 22 16...80 | 250...350 Понад 120 |
| IV | Перегріта пара, насичена пара, гаряча вода, | 1...16 | 120...250 |

Категорія встановлюється залежно від робочих параметрів транспортного продукту (температура, тиск).

Група встановлюється залежно від класу небезпеки шкідливих речовині показників пожежної небезпеки речовин.

Основною характеристикою будь-якого трубопроводу є внутрішній діаметр, що визначає переріз для проходу теплоносія заданої кількості при робочих параметрах експлуатації (тиск, температура швидкість).

Умовний прохід D_y – номінальний внутрішній діаметр приєднання трубопроводу. Для технологічних трубопроводів застосовують умовні проходи, мм : 10, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000, 2400, 3000.

Поняття умовний тиск введено для врахування зміни міцності з'єднувальних деталей і арматури трубопроводів під дією температури транспортного середовища або навколишнього середовища [31].

Умовний тиск P_y – найбільший надлишковий тиск при температурі речовини або навколишнього середовища 20°C, за якого допустима тривала робота арматури і деталей трубопроводів, що мають задані розміри, обгрунтовані розрахунком на міцність при вибраних матеріалах і характеристиках їх міцності, яка відповідає цій температурі.

За матеріалом, з якого виготовлені труби, розрізняють трубопроводи: сталеві (з вуглецевої, легованої та високолегованої сталі), з кольорових металів та їх сплавів (мідні, латунні, титанові, свинцеві, алюмінієві), чавунні, неметалеві (поліетиленові, полівінілхлоридні, вінілпластові, фторпластові, скляні тощо), футеровані гумою, поліетиленом, фторпластом, емальовані, біметалеві тощо. Найбільше використання для технологічних трубопроводів мають труби із вуглецевих та легованих сталей.

Труби із вуглецевої сталі застосовують в технологічних трубопроводах для транспортування неагресивних, малоагресивних і середньоагресивних продуктів з температурою до 450°C. Труби з легованих і високолегованих сталей використовують для транспортування агресивних продуктів з будь якою температурою, а також середньо агресивних продуктів з температурою понад 450°C.

Нормальна експлуатація та довговічність трубопроводів суттєво залежать від правильного вибору конструкції і якісного виконання з'єднання труб між собою, із з'єднуваними деталями, арматурою, компенсаторами.

З'єднання трубопроводів бувають нероз'ємні і роз'ємні. До нероз'ємних відносять з'єднання, отримані зварюванням, пайкою, пресуванням, склеюванням або бетонуванням, до роз'ємних – фланцеві, різьбові, розтрубні та інші.

Сталеві трубопроводи з'єднують зварюванням, за допомогою фланців та різьби

Фланці призначені для з'єднання труб, арматури та інших частин трубопроводів та обладнання. Фланцеве з'єднання складається із двох фланців, прокладки або ущільнювального кільця, з'єднувальних болтів (або шпильок) та гайок. Для технологічних трубопроводів та трубопроводів котелень та ТЕС застосовують фланці різних типів: приварні, вільні, різьбові і литі. Недоліками фланцевих з'єднань є: висока трудомісткість і вартість виготовлення, а також порівняно мала надійність в експлуатації.

Але фланцеві з'єднання зручні для розбирання і приєднання арматури, тому їх застосовують у випадках, коли за умовами експлуатації вимагається часте розбирання трубопроводів для промивання та чищення.

Конструкції, розміри і матеріал основних типів фланців трубопроводів, арматури і з'єднувальних частин регламентуються відповідними стандартами.

Фланці сталеві плоскі приварні досить поширені у технологічних трубопроводах та трубопроводах котелень та ТЕС. Їх виготовляють із сталі МСт. 3 та МСт. 4. Тут наведені основні масогабаритні характеристики плоских приварних фланців.

Різьбові з'єднання на трубопроводах слугують для приєднання до різьбової арматури і контрольно-вимірювальних приладів. У великих обсягах їх використовують під час монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем водо- і теплопостачання. Труби на різьбі з'єднують шляхом нарізання або накатування зовнішньої різьби на кінцях труб і нагвинчуванням на них муфти із різьбою. Для запобігання течії води через зазор між муфтою і трубою, його заповнюють ущільнювальним матеріалом.

Ущільнювальний матеріал для різьбових з'єднань сталевих труб обирають залежно від температури середовища, що транспортується.

Різьбові і фланцеві з'єднання не застосовують для трубопроводів, що прокладаються у важкодоступних місцях.

До основних частин трубопроводів відносять фасонні деталі. Вони слугують для зміни напрямку і розгалуження потоків, а також для закриття кінців трубопроводів та для з'єднання труб між собою. Найбільш поширені гнуті, штаповані, тягнуті і зварні фасонні деталі трубопроводів.

Основні параметри, що характеризують гнуті деталі: радіус кривизни, діаметр, довжина прямих ділянок, маса і матеріал виробу.

Надійність роботи трубопроводів залежить в тому числі і від правильності і міцності їх закріплення. Основні засоби кріплення трубопроводів – опори, підвіски (рис. 2.14, б), кронштейни (рис. 2.14, а), крюки.

В трубопроводах, які схильні до вібрації використовують пружинні опори (див. рис. 2.14 а, б).

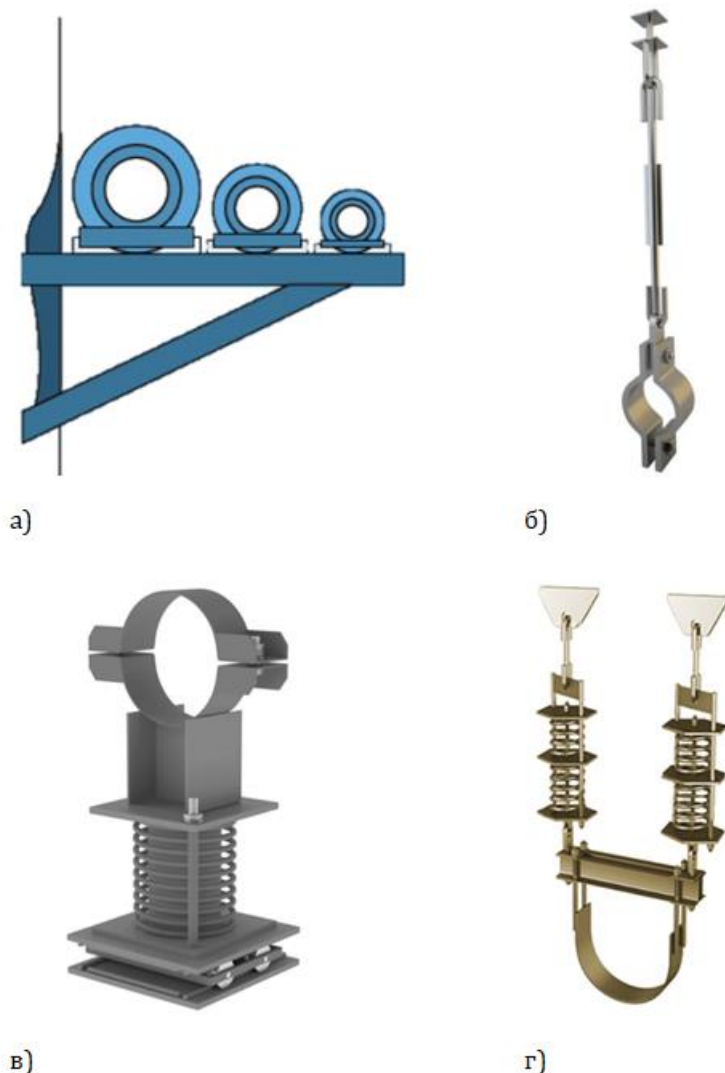


Рисунок 2.14 – Кронштейн (а), підвіска (б), пружинна каткова (в) і підвісна пружинна (г) опори для монтажу трубопроводів

Кронштейни призначені для обпирання на них рухомих і нерухомих опор, для підвішування до них трубопроводів за допомогою підвісок і безпосереднього опираючання на них трубопроводів. Кронштейни виготовляють із кутового прокату, швелерів та інших профілів.

Для закріплення трубопроводів використовують також підвіски.

Підготовка до монтажу трубопроводів

Індустріальний метод монтажу сталевих трубопроводів передбачає виконання на монтажному майданчику укрупнювального збирання у блоки збірних одиниць трубопроводів і їх встановлення у проектне положення [7].

Монтаж трубопроводів виконують згідно із монтажними кресленнями і аксонометричними схемами, які розроблені на лінію трубопроводу. Готові збиральні одиниці і блоки монтують на встановлених опорах і підвісках. Конструкції опор і підвісок, місця їх розташування, а також відстані між їх осями вказують в проекті.

Перед початком монтажу трубопроводів виконують підготовчі роботи: приймають збиральні одиниці і деталі трубопроводів арматури, що не входять у збиральні одиниці, опори і підвіски, перевіряють їх відповідність проекту або технічним умовам, а також їх комплектність згідно із специфікацією; приймають будівлі, будівельні споруди і конструкції під монтаж трубопроводів, перевіряють відповідність кресленням розташування, типи і розміри приєднувальних штуцерів на обладнанні; комплектують лінію трубопроводів збиральними одиницями, елементами і деталями, арматурою і допоміжними матеріалами і доставляють їх до місця монтажу; влаштовують майданчики для укрупнювального збирання, готують підмостки і пристосування для роботи на висоті, а також робочі місця; комплектують робочі бригади і забезпечують їх необхідними інструментами, пристосуваннями і монтажними механізмами.

До монтажних робіт відносяться розбивання траси трубопроводу, встановлення опор і підвісок, укрупнювальне збирання збірних одиниць у блоки, вкладання, збирання і монтажне зварювання трубопроводів, монтаж арматури, приладів контролю і автоматики. Монтаж трубопроводів завершують випробуванням змонтованих ліній і здаванням замовнику.

Розбивання траси та намічування місць встановлення опор трубопроводів

Розбивають трасу і розмічають місця встановлення опор виконують за допомогою струни (фарбованого розмічувального шнура, нитки), виска, лінійок, кутників, нівеліру або гідравлічного рівня.

Осі трубопроводів розбивають згідно із монтажними кресленнями або макетами, в яких вказана прив'язка осей до відносних відміток підлог, перекриттів, стін та інших деталей будівельних конструкцій котельні або ТЕС.

Розбивають осі і наносять відмітки крейдою, фарбою (або фарбованим розмічувальним шнуром) на стінах або колонах з інвентарних підмосток, драбини, столів, риштування залежно від умов роботи.

Спочатку розбивають горизонтальні осі трубопроводів. Висотні відмітки горизонтальних осей визначають шляхом вимірювань за допомогою виска і лінійки. Спочатку розбивають ось головної магістралі трубопроводу, далі – відгалуження. Коли розбивають прямолінійну горизонтальні вісь, спочатку визначають дві крайні точки трубопроводу. В цих точках на стіні або колоні встановлюють тимчасові кронштейни, між якими горизонтально натягують сталеву струну (або фарбований розмічувальний шнур) і наносять пряму горизонтальну лінію – вісь.

Вздовж осі виконують вертикальні відмітки, що показують необхідний нахил трубопроводу, місця відгалуження тощо. Відмітки наносять на конструкції будівлі у вигляді рисок і цифрових знаків (висота відмічених точок).

У табл. 2.3 вказані допустимі відстані від осей трубопроводів до будівельних конструкцій та між осями сусідніх трубопроводів.

Відстані між осями суміжних трубопроводів можна визначити за залежностями

- для ізольованих трубопроводів

$$A = \frac{D_{\text{фл}}}{2} + \frac{D'_{\text{фл}}}{2} + a, \quad (2.1)$$

де a – відстань від осі труби до будівельної конструкції (стіни).

- для неізольованих трубопроводів

$$A = \frac{D_{\text{фл}}}{2} + \frac{D'_{\text{фл}}}{2} + 50 \text{ мм} . \quad (2.2)$$

Таблиця 2.3 – Відстані між осями ізольованих трубопроводів [9]

| Умовний діаметр Дв, мм | Відстань між осями труб А, мм за умовного діаметру труб, мм | | | | | | | | | | | | | | | | | а | Б | | | |
|---------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------|------|------|----|----|-----|-----|
| | 25 | 32 | 40 | 50 | 70 | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | мм | | | |
| 25 | 190 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 80 | 135 | |
| 32 | 200 | 210 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 80 | 145 |
| 40 | 205 | 215 | 220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 80 | 150 |
| 50 | 215 | 225 | 230 | 245 | | | | | | | | | | | | | | | | | 85 | 165 |
| 70 | 225 | 235 | 240 | 255 | 265 | | | | | | | | | | | | | | | | 85 | 175 |
| 80 | 230 | 240 | 245 | 260 | 270 | 275 | | | | | | | | | | | | | | | 85 | 180 |
| 100 | 250 | 260 | 265 | 280 | 290 | 295 | 320 | | | | | | | | | | | | | | 90 | 205 |
| 125 | 270 | 280 | 285 | 300 | 310 | 315 | 340 | 360 | | | | | | | | | | | | | 90 | 225 |
| 150 | 285 | 295 | 300 | 315 | 325 | 330 | 355 | 375 | 395 | | | | | | | | | | | | 95 | 245 |
| 200 | 320 | 330 | 335 | 350 | 360 | 365 | 390 | 410 | 430 | 470 | | | | | | | | | | | 100 | 285 |
| 250 | 355 | 365 | 370 | 385 | 395 | 400 | 425 | 445 | 465 | 505 | 545 | | | | | | | | | | 105 | 325 |
| 300 | 390 | 400 | 405 | 420 | 430 | 435 | 460 | 480 | 500 | 540 | 580 | 620 | | | | | | | | | 110 | 365 |
| 350 | 420 | 430 | 435 | 450 | 460 | 465 | 490 | 510 | 530 | 570 | 610 | 650 | 685 | | | | | | | | 115 | 400 |
| 400 | 460 | 470 | 475 | 490 | 500 | 505 | 530 | 550 | 570 | 610 | 650 | 690 | 725 | 770 | | | | | | | 120 | 445 |
| 450 | 475 | 485 | 490 | 505 | 515 | 520 | 545 | 565 | 585 | 625 | 665 | 705 | 740 | 785 | 805 | | | | | | 125 | 465 |
| 500 | 510 | 520 | 525 | 540 | 560 | 555 | 580 | 600 | 620 | 660 | 700 | 740 | 775 | 820 | 840 | 880 | | | | | 130 | 505 |
| 600 | 580 | 590 | 595 | 610 | 620 | 625 | 650 | 670 | 690 | 730 | 770 | 810 | 845 | 890 | 910 | 950 | 1030 | | | | 140 | 585 |
| 700 | 630 | 640 | 645 | 660 | 670 | 675 | 700 | 720 | 740 | 780 | 820 | 860 | 895 | 940 | 960 | 10 ³ | 1140 | 1186 | | | 150 | 645 |

Для визначення відстаней між віссю трубопроводів і стіною можна визначити за залежностями

- для ізольованих трубопроводів

$$B = \frac{D_{\text{фл}}}{2} + a \quad , \quad (2.3)$$

- для неізольованих трубопроводів

$$B = \frac{D_{\text{фл}}}{2} + 50 \text{ мм} \quad . \quad (2.4)$$

Відхилення опорних конструкцій від проектного положення не має перевищувати: у плані ± 10 мм; за відмітками – 10 мм; за нахилом $+0,001$.

Після розбивання горизонтальних осей трубопроводу позначають осі відгалуджень до апаратів, машин, арматури або до інших ліній. На цих осях розмічують місця встановлення компенсаторів, арматури, рухомих і нерухомих опор, підвісок, кронштейнів тощо. Правильність виконання розмічування перевіряють згідно із монтажними кресленнями. Далі переходять до встановлення опорних конструкцій.

Встановлення опор і підвісок

Кронштейни, підвіски і деталі кріплення елементів трубопроводів встановлюють за попереднім розмічуванням отворів під болти і закладні частини. Після заливання закладних частин цементним розчином необхідно витримати перерву у роботі пов'язану із закладними частинами тривалістю 7–14 діб, необхідних для тверднення цементного розчину.

Після вичерпання часу тверднення починають встановлювати опори і підвіски.

В процесі кріплення на стінах або колонах кронштейни повинні прилягати не до штукатурки, а до бетону або цегляної кладки; наявну штукатурку видаляють. Рухомі опори і їх деталі встановлюють з врахуванням теплового подовження трубопроводу, з цією метою їх зміщують вздовж вісі опорної поверхні у бік нерухомої точки на величину цього подовження, запобігаючи перекосів і заїдань. Ролики, кульки і катки повинні вільно обертатись і не випадати із гнізд.

Тяги підвісок трубопроводів, що не піддаються тепловим подовженням, встановлюють вертикально, а тих, що піддаються тепловим подовженням – з нахилом у бік, зворотний переміщенню, на половину його величини.

Відхилення опор від проектного положення не повинно перевищувати у плані у плані ± 5 мм для внутрішньоцехових трубопроводів і ± 10 мм для міжцехових трубопроводів; за нахилом $\pm 0,001$.

Металеві деталі конструкцій опор і підвісок для запобігання корозії фарбують.

Під час монтажу труби повинні щільно без зазорів і перекосів вкладатися на подушки нерухомих опор, хомути повинні щільно прилягати до труби, щоб вона не переміщувалася в нерухомій опорі. Осі трубопроводів, що вкла-

даються на ділянці між двома нерухомими опорами повинні бути прямолінійними. Відхилення від прямолінійності не повинні перевищувати 5 мм кожні 10 м довжини, а вся ділянка – 10 мм у вертикальній і 50 мм – в горизонтальній площинах.

Опори трубопроводів, встановлених на вертикальних ділянках, перевіряють виском, кронштейни та інші горизонтальні конструкції – рівнем.

Укрупнювальне збирання збірних одиниць трубопроводів

Перед початком монтажу на майданчику збиральні одиниці трубопроводів закріплюють у блоки, габаритні розміри і маса яких визначається умовами монтажу. Укрупнювальне збирання збірних одиниць трубопроводів виконують на жорстких добре вивірених стелажах або на бетонному або щільно втрамбованому майданчику за допомогою кондукторів та центраторів, що забезпечують правильне положення деталей, елементів і труб під час прихватки та зварювання (рис. 2.15).



а)



б)

Рисунок 2.15 – пристосування для укрупнювального збирання збірних одиниць трубопроводів : а) - стенд для зварювання елементів трубопроводів, б) - центратор

Монтаж трубопроводів

Для піднімання блоків і збірних одиниць трубопроводів застосовують різні такелажні механізми, вантажопідйомність яких залежить від маси блоків і компонування обладнання: талі, блоки, поліспасти з ручними та електричними лебідками, ричанні лебідки, самохідні крани. Талі і блоки підвішують до міцних елементів будівельних конструкцій. Збірні одиниці і блоки стропують таким чином, щоб виключити зайві розвороти або перестропування для закріплення у проектне положення.

Переважно монтаж збірних одиниць і блоків починають із приєднання їх до обладнання, і залишають вільні кінці труб з метою приєднання до них прямих ділянок трубопроводів.

Після вкладання на опори і підвіски зібрані збиральні одиниці і блоки вивіряють і тимчасово закріплюють. Прямі ділянки трубопроводів вкладають не менше, ніж на дві опори. Просторові збиральні одиниці і блоки кріплять так, щоб уникнути їх зміщення під дією сили тяжіння. Не допустимо приєднувати до апаратів збиральні одиниці і блоки, які не закріплені на опорах або підвісках. Якщо трубопровід проходить через стіни, перекриття та інші будівельні конструкції, його розміщують у гільзі. Гільза - відрізок трубопроводу, внутрішній діаметр якого на 10...20 мм більше за зовнішній діаметр трубопроводу, що прокладається, у виступає у обидва боки від стіни на 50...100 мм. Ділянки, що знаходяться у гільзі не повинні містити зварних стиків.

Обв'язочні трубопроводи, що приєднуються до вертикального обладнання на високих відмітках переважно монтуються на обладнанні до його піднімання. У випадку неспівпадання стиків трубопроводів змонтованих назустріч один одному, вварюють вставки. Довжина їх повинна перевищувати 100 мм для трубопроводів діаметром до 150 мм і 200 мм для трубопроводів більших діаметрів. Зварні стики трубопроводів розташовують на відстані не менше 50 мм від опор. Після збирання і вивірення всієї ділянки трубопроводів зварюють монтажні стики, встановлюють прокладки між фланцями окремих збірних одиниць, встановлюють і затягують болти фланцевих з'єднань. Фланцеві з'єднання збирають одразу на проектному числі болтів або шпильок. Після збирання і зварювання монтажних з'єднань остаточно закріплюють зібрану ділянку трубопроводу на опорах і підвісках, перевіряють проектний нахил і за необхідності регулюють положення змонтованого трубопроводу.

Арматура трубопроводів

Для перемикання потоків рідин або газів, що транспортуються в трубопроводах, останні забезпечують спеціальним обладнанням, що називається арматурою. Арматуру класифікують за конструкцією приводу затвору, за функціями, що виконуються, та за конструктивними особливостями.

Залежно від конструкції приводу розрізняють привідну і автоматичну арматуру.

У привідній арматурі керування затвором здійснюється вручну або за допомогою приводу (механічного, електричного, гідравлічного), який може мати дистанційне керування. У автоматичній арматурі рух затвору здійснюється автоматично зі зміною якогось параметру середовища (швидкості, тиску, температури тощо). Залежно від функцій, що виконуються, арматуру поділяють на запірну, регульовальну, запобіжну, контрольну.

Запірна арматура (засувки, вентиля, крани) призначені для ввімкнення або вимкнення потоків середовищ, що транспортуються. До цього типу арматури відносяться крани, вентиля, засувки і поворотні затвори.

Регульовальна арматура призначена для зміни або підтримання в трубопроводах тиску, витрати і рівня (регульовальні вентиля і клапани). Інколи регульовальну арматуру, яка призначена для зниження (редукування) тиску, називають дросельною.

Запобіжна арматура призначена для скидання можливого підвищеного тиску в трубопроводі понад встановлену межу (запобіжні і перепускні клапани) і запобігання зворотного удару рідини або газу (зворотні клапани). У зворотних клапанів затвор закривається під час зміни напрямку потоку.

Контрольна арматура використовується для перевірки наявності середовища і її рівня (спускні крани, показчики рівня).

Залежно від конструкції арматуру поділяють на вентилі, засувки, крани і клапани (рис. 2.16).

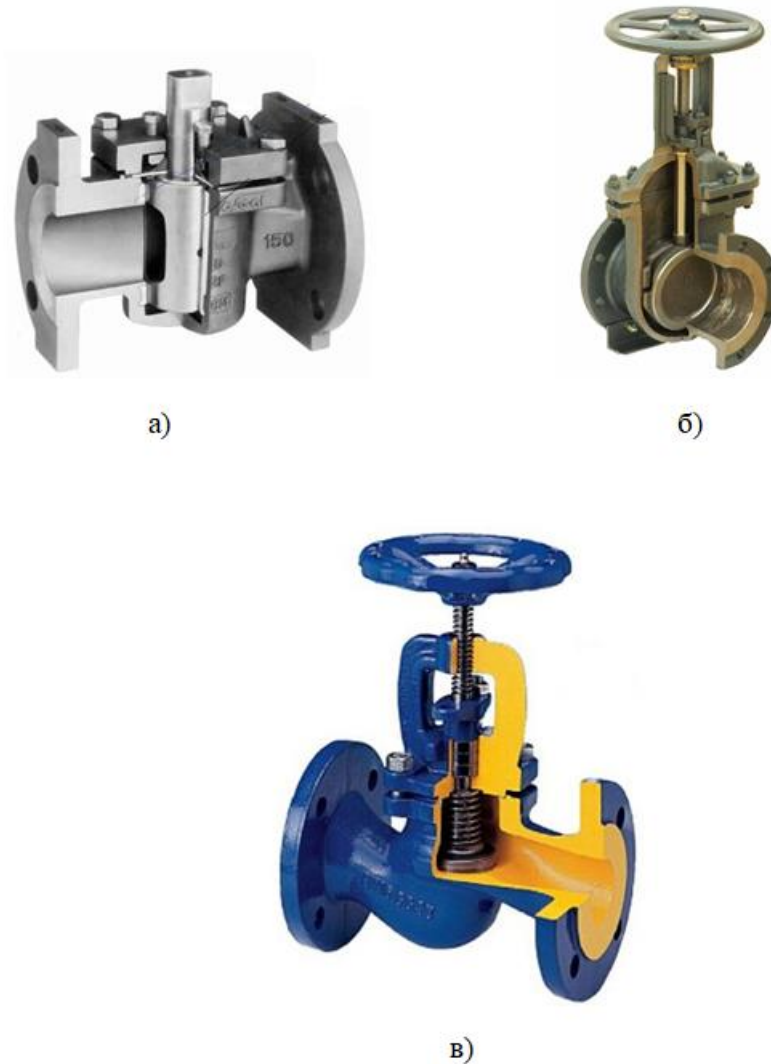


Рисунок 2.16 – Запірна арматура: а – кран; б – засувка; в – вентиль

У вентилів затвор (тарілка, диск, голка) переміщується перпендикулярно до площини поверхні ущільнення корпусу. Приєднання вентилів до трубопроводу може бути муфтовим (різьбовим), фланцевим, приварне, цапковим. У засувок запірний елемент (диск, клин) переміщується паралельно поверхням ущільнення корпусу. Засувки можуть бути клиновими і паралельними, з висувним і не висувним шпинделем. Засувки приєднуються до трубопроводів за допомогою зварювання та фланців.

Крани в технологічних трубопроводах застосовують переважно для великих діаметрів на умовний тиск до 1,6 МПа. В трубопроводах відносно великого діаметру (до 200 мм) на умовний тиск до 6,4 МПа застосовують крани з дистанційним керуванням із спеціальним змащуванням для зменшення зусиль під час повороту пробки і кращого ущільнення.

Вентилі застосовують в технологічних трубопроводах, розрахованих на умовний прохід до 200 мм, як запірні, дросельні і регулювальні. У трубопроводах з більшим умовним проходом застосовують переважно засувки. Позитивною властивістю засувок є їх малий гідравлічний опір у порівнянні з вентилями (у 30 – 40 разів)

Залежно від параметрів роботи і середовища арматуру виготовляють з чавуну різних марок, вуглецевої і легованої сталі, кольорових металів, пластиків, кераміки і інших матеріалів, а також із внутрішнім корозійностійким покриттям.

Арматуру із сірого чавуну застосовують на газоподібних середовищах в трубопроводах з робочим тиском до 0,6 МПа і температурою до +150°C.

Для трубопроводів води, пари, газу, повітря, нафти, мастила і світлих нафтопродуктів використовують засувки із вуглецевої сталі на умовний тиск до 6,4 МПа і для температур до 425°C та із чавуну на умовний тиск до 2,5 МПа і температур до 300 °C, що мають умовний прохід до 1000 мм.

Для трубопроводів води, пари, повітря, мастила, світлих нафтопродуктів, нейтральних газоподібних середовищ використовують вентилі литі і ковани на умовний тиск до 6,4 МПа і $D_y \leq 200$ мм із вуглецевої сталі для температур до 425°C та з легованих сталей для середовищ з температурою до 550 °C.

На трубопроводах води, пари, а також різних рідких і газоподібних неагресивних середовищ при температурах до 400°C і $P_y \leq 4$ МПа і для рідкого і газоподібного аміаку при $P_y \leq 2,5$ МПа і температурах від мінус 40 °C до 150 °C використовують вентилі із ковкого чавуну з $D_y = 15 \dots 80$ мм.

Арматуру із кольорових металів застосовують переважно в паропроводах невеликих діаметрів, а також за транспортування агресивних продуктів.

Пластикову арматуру використовують як замітник арматури із нержавіючої сталі.

Муфтова арматура має на приєднувальних кінцях внутрішню різьбу, випускається умовним проходом до 80 мм на умовний тиск до 1 МПа (в окремих випадках до 2,5 МПа) [7].

Цапкова арматура на відміну від муфтової має приєднувальні кінці із зовнішньою циліндричною різьбою і випускається умовним проходом до 40 мм на умовний тиск до 16 МПа. Цапкова арматура інколи забезпечується накладними гайками під відбортовані труби. Цапкова арматура застосовується порівняно рідко.

Арматуру, що має паспорти заводів-виготовлювачів і заводське пакування, під час приймання під монтаж не піддають випробуванню і ревізії на

місці монтажу. Її лише оглядають ззовні і перевіряють легкість відкривання і закривання запірних пристроїв. Якщо вичерпано гарантійний термін, арматуру, що має паспорт, приймають під монтаж після попереднього її випробування.

Під час ревізії (використовують лише для арматури, що не має паспорта і маркування) розбирають і ретельно оглядають, а після усунення дефектів виконують збирання і гідравлічне випробування арматури. Щоб забезпечити щільність затвора, ущільнювальні поверхні повинні бути чистими і ретельно оброблені. Великі нерівності усувають обробкою абразивним колом або проточуванням на станку з наступним притиранням.

Після ремонту (збирання) гідравлічним випробуванням виконують кінцеву перевірку якості ремонту арматури. Арматура із сталі, чавуну, кольорових металів і сплавів випробується на міцність тиском $P_{\text{випр}} = 1,5 \cdot P_y$, а арматуру із пластмас – $P_{\text{випр}} = 1,25 \cdot P_{\text{роб}}$ (але не менше 0,2 МПа). Арматура із сталі, чавуну, кольорових металів і сплавів випробується на щільність (герметичність) запірною арматури тиском $P_{\text{випр}} = P_y$, а арматуру із пластмас – $P_{\text{випр}} = P_{\text{роб}}$ [7].

Гідравлічне випробування арматури виконують водою з температурою не нижче 20°C. Перевірку на міцність виконують при повністю відкритому клапані. З метою кращого виявлення дефектів корпус і кришку фарбують крейдою. Під час дослідження на міцність пробний тиск підтримують протягом 10 хвилин, а далі його знижують до робочого. За робочого тиску ретельно оглядають корпус арматури і перевіряють щільність (герметичність запірною арматури).

Тривалість витримування за робочого тиску арматури діаметром 100 мм і вище – близько 30 хвилин, для арматури менших діаметрів – 15 хвилин.

Якщо не виявлено просочування води через метал або запотівання зовнішніх поверхонь корпусу і кришки, арматура вважається такою, що пройшла випробування.

Після закінчення гідравлічного випробування із арматури видаляють воду, продувають її стисненим повітрям і насухо протирають корпус, фланці і шпіндель.

Арматуру, що пройшла ревізію і гідравлічне випробування, реєструють в журналі випробувань і ревізії.

Технічна документація на трубопроводи

Проектна документація повинна містити необхідні дані для забезпечення індустріального виготовлення і монтажу трубопроводів.

Під час графічного способу проектування у склад проектної документації входять: титульний лист; монтажно-технологічна схема; монтажні креслення; принципова схема контролю та автоматики; креслення розташування обладнання; креслення додаткових металоконструкцій для кріплень; відомості трубопроводів з їх характеристикою; зведені специфікації деталей, арматури, кріплень та інших матеріалів. Крім того, у склад проектної

документації входять деталювальні креслення трубопроводів, що необхідні для централізованого виготовлення вузлів та їх монтажу.

Монтажно-технологічну схему трубопроводів (рис. 2.17) складають під час розробки технологічного процесу і проекту підприємства (цеху, установи).

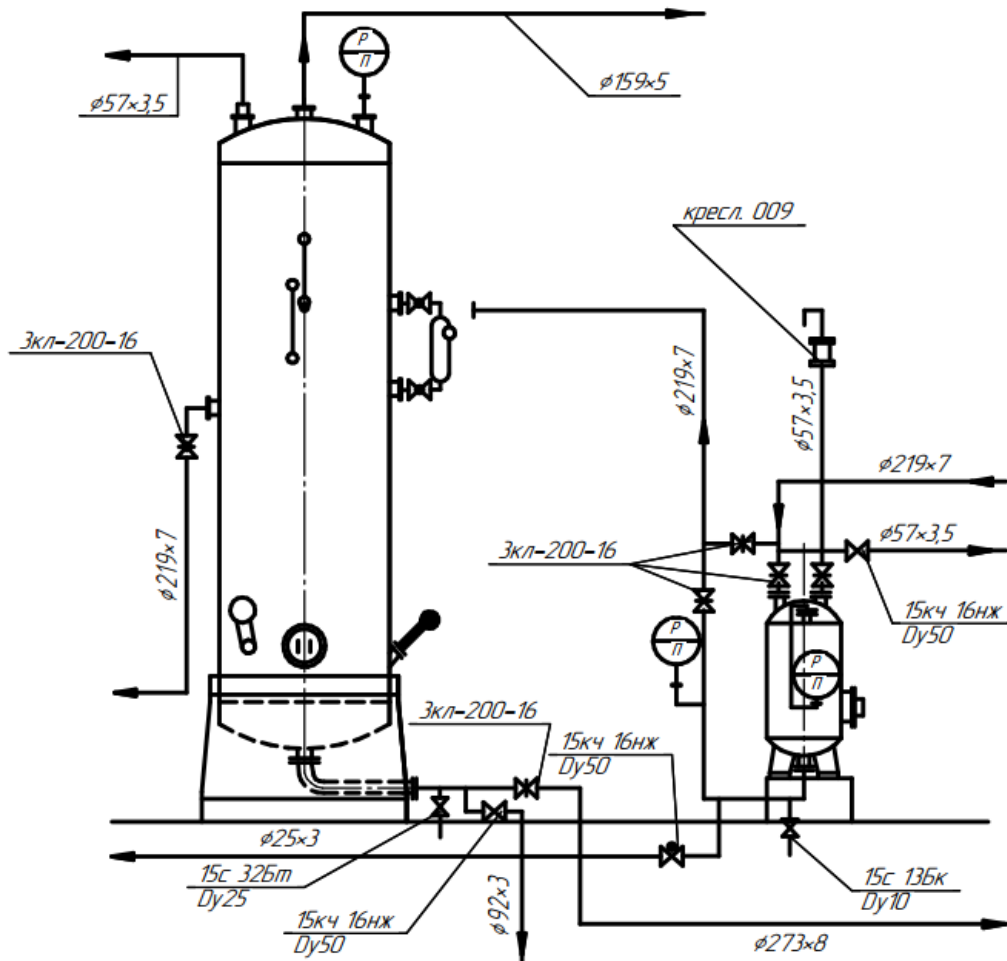


Рисунок 2.17 – Монтажно-технологічна схема

На схемі трубопроводи і їх деталі, а також арматуру зображають умовними позначеннями згідно із [32] (див. дод. Б). Зазвичай трубопроводи зображують у розгорнутій фронтальній проекції, а складні – в аксонометричній, але без прив'язки до елементів будівлі і до будь-яких осей. На схемах наносять висотні відмітки розташування ліній трубопроводів, а також їх маркування (номер продукту, номер лінії; наприклад: Т1). На схемі у специфікації вказуються номер лінії, розмір і матеріал труб, напрямок руху продуктів, марки і діаметри арматури, маркування приладів контролю і автоматики [9].

Зазвичай на монтажно-технологічній схемі не показують дренажних зливних та продувальних ліній, з цією метою складають окрему схему.

Монтажні креслення трубопроводів (рис. 2.18) розробляють, виходячи із монтажно-технологічної схеми, вони містять плани, повздовжні і поперечні розрізи цеху або споруди.

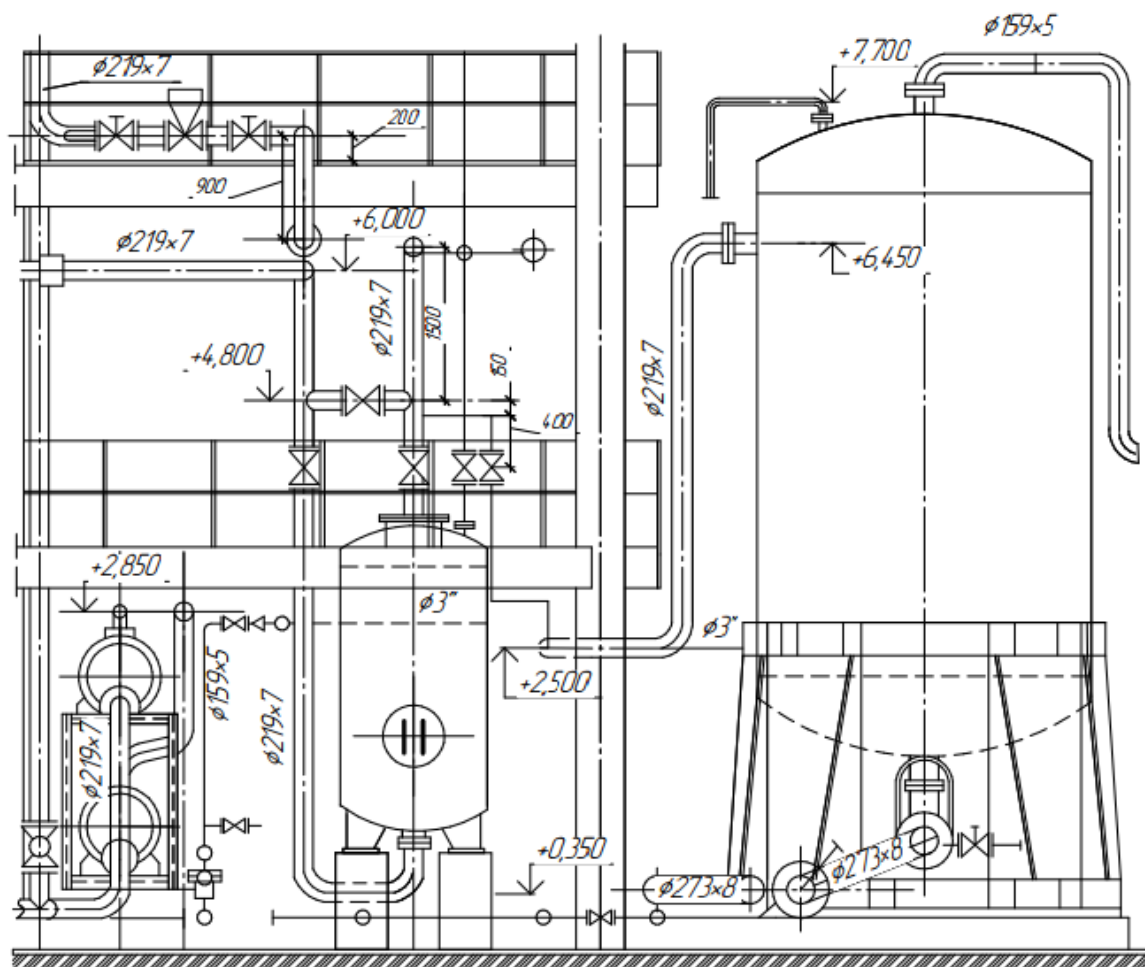


Рисунок 2.18 – Монтажне креслення (розріз)

На монтажних кресленнях зображують в ортогональних проекціях усі будівельні конструкції, технологічне обладнання, наносять горизонтальні осі і вертикальні відмітки. Монтажні креслення зазвичай виконують у масштабі 1:100, у них вказують діаметр і товщину стінок, місця встановлення опор, компенсаторів, фланців (для періодичного розбирання трубопроводів), арматури і положення її штурвалів, нахили трубопроводів з відмітками кінцевих точок прямих ділянок, розбивку трубопроводів на лінії і вузли, а також інші дані, необхідні для розробки деталювальних креслень трубопроводів. Арматуру, компенсатори та інші деталі трубопроводів на монтажних кресленнях показують у масштабі, інколи використовують умовні позначення. Кріплення трубопроводів маркують відповідно до специфікації.

На планах та розрізах вказують (умовними позначеннями) місця врізання деталей для підключення імпульсних ліній контролю і автоматики. Крім того, показують з усіма необхідними прив'язувальними розмірами місця встановлення регулювальних клапанів, вимірювальних діафрагм, лічильників, термометрів та інших пристроїв контролю і автоматики, що встановлюються безпосередньо на трубопроводі. Вказані прилади маркують відповідно до специфікації проекту контролю і автоматики [7].

Якщо діаметри трубопроводів у прийнятому масштабі менше 3 мм, то їх на монтажних кресленнях зображують однією лінією, а у інших – їх зображують у масштабі двома лініями; проекції ліній у плані відповідно зображують у вигляді точок або кіл. На специфікаціях вказують: довжину ліній, розміри труб і деталей, їх матеріали, та перераховують арматуру і інші вироби.

Детальовальні креслення трубопроводів (рис. 2.19) є обов'язковою частиною проектної документації. Їх розробляють на основі монтажних креслень або за макетом. Вони призначені для централізованого виготовлення трубопроводів в трубозаготівельних підприємствах і їх монтажу. Детальовальні креслення викреслюють у вигляді аксонометричних схем окремих ліній трубопроводів. У кресленнях вказані усі розміри, необхідні для виготовлення вузла і його монтажу, включаючи врізання для приєднання приладів контролю та автоматики, відмітки основних трубопроводів, посилення на номери креслень, що є продовженням даної лінії трубопроводу, маркування ліній і вузлів.

Крім того, в детальовальних кресленнях трубопроводів з умовним проходом 50 мм і більше розміщують: специфікацію деталей, арматури і матеріалів на лінію із зазначенням їх кількості і маси, таблицю для заповнення даних про зварювальні роботи і зварювальні матеріали, специфікацію вузлів, умови і параметри випробування.

Трубопроводи незалежно від діаметра зображують суцільною лінією та обов'язково дотримується співрозмірність деталей і ділянок трубопроводу. Кожну лінію трубопроводу з умовним проходом 50 мм і більше на детальовальних кресленнях розбивають на вузли.

Під час розбивання на вузли ліній трубопроводу із сталевих труб рекомендуються наступні габаритні розміри вузлів: якщо просторові вузли всередині цеху або споруди – $1,5 \times 1,5 \times 6$ м; якщо просторові вузли поза цехом або спорудою $1,5 \times 2 \times 6$ м; якщо плоскі вузли поза цехом або спорудою $2,5 \times 10$ м, в окремих випадках – 9×6 м.

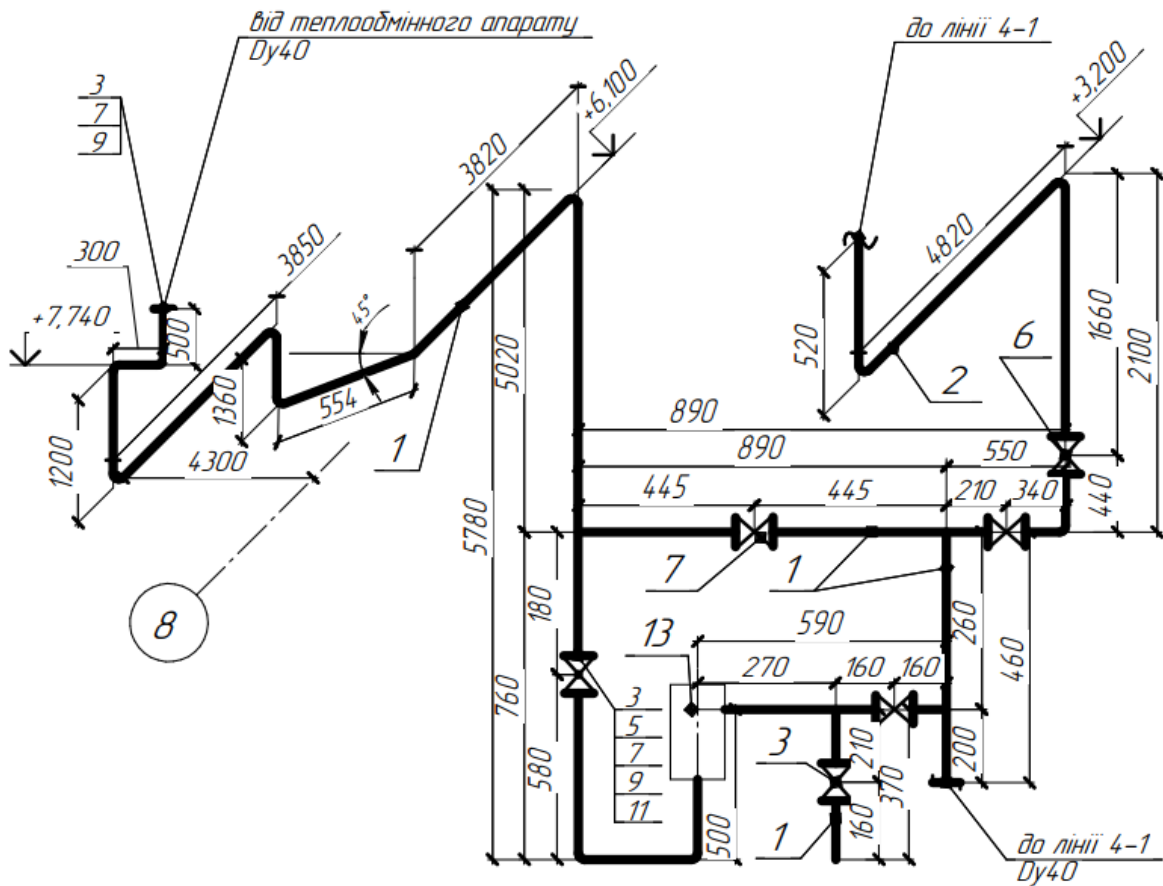


Рисунок 2.19 – Приклад деталювального креслення лінії трубопроводу з умовним проходом до 50 мм

У межах габаритних розмірів одного вузла зазвичай об'єднують наступні конструкції: байпаси з приладами контролю та автоматики, регулювальними клапанами та іншою арматурою, гребінки з арматурою і компенсатори.

На деталювальних кресленнях трубопроводів арматуру, деталі, а також контрольно-вимірювальні прилади зображують у відповідності з умовними позначеннями.

Лінії трубопроводів з умовним проходом менше 50 мм виконують без розбивання на вузли, але з вказанням усіх основних розмірів і загальною специфікацією на всю лінію, оскільки ці трубопроводи переважно збирають безпосередньо на місці монтажу.

Встановлення арматури і приладів контролю

Трубопровідну арматуру встановлюють у складі готових вузлів трубопроводів. Арматуру великих розмірів, що попередньо пройшли ревізію і випробування, встановлюють самостійно.

До початку встановлення арматури необхідно витягнути пробки і ретельно оглянути внутрішню порожнину, щоб переконатись, що у ній немає сторонніх предметів.

Перед підніманням важку арматуру стропують тросом або канатом, строп одягають на гак підйомного пристрою і зтягують з таким зусиллям, щоб арматура під час підйому не вислизнула і не впала. Стропувати можна лише за корпус або за кришку арматури.

Фланцеву арматуру встановлюють на трубопровід із закритим затвором.

Під час приварювання без фланцевої арматури її затвор трохи при відкривають, щоб запобігти заклинюванню від нагрівання корпусу під час зварювання. Затвор арматури потрібно тримати відкритим до закінчення промивання і продування трубопроводу [7].

Арматуру з умовним проходом до 100 мм окремо не закріплюють [7].

Важку арматуру, зазвичай, кріплять самостійно до будівельних або технологічних конструкцій, аби не створювати зайвого навантаження на трубопроводи.

Положення осей штурвалів визначається проектом. Якщо вказівки відсутні, то засувки і вентиля треба встановити так, щоб арматуру було зручно обслуговувати. Одночасно напрямок закриття завжди повинно бути за годинниковою стрілкою, а напрямок відкриття – проти годинникової стрілки.

До запускання трубопроводу в експлуатацію змонтована арматура вентиляного типу повинна знаходитись в закритому стані, а кранового – у відкритому.

Для відведення повітря під час заповнення водою трубопроводу у верхній його точках встановлюють штуцера з краном або вентиляем для випуску повітря.

Під час монтажу технологічних трубопроводів для контрольно-вимірювальних приладів встановлюють відбірні пристрої – бобишки, штуцера, кармани. Відбірні пристрої необхідно встановлювати у вузлах і елементах трубопроводів під час їх централізованого виготовлення в умовах трубозаготівельних цехів і майстерень. На місці монтажу виконують лише перевірку правильності їх встановлення.

Штуцера і цупки повинні бути врізані і вварені таким чином (рис. 2.20), щоб їх кінці не виступали всередину трубопроводу. Гільзи термометрів встановлюють в трубопроводах з умовним проходом до 200 мм під кутом 45° проти руху теплоносія, за більших діаметрів труб – під кутом $45 - 90^\circ$. Кінець гільзи повинен знаходитись приблизно у центрі труби. Діафрагми витратомірів встановлюють на прямолінійних ділянках трубопроводу після його продування і промивання. В період монтажу трубопроводів замість діафрагм тимчасово встановлюють монтажні кільця – відрізки труб відповідної ширини.

Регулювальні клапани встановлюють лише на горизонтальних лініях трубопроводу, причому шток повинен розташовуватись вертикально (мембранний – головою догори). Для можливості проведення ремонту трубопроводу під час його експлуатації у місцях встановлення клапана влаштовують обвідну лінію із запірним пристроєм (байпас).

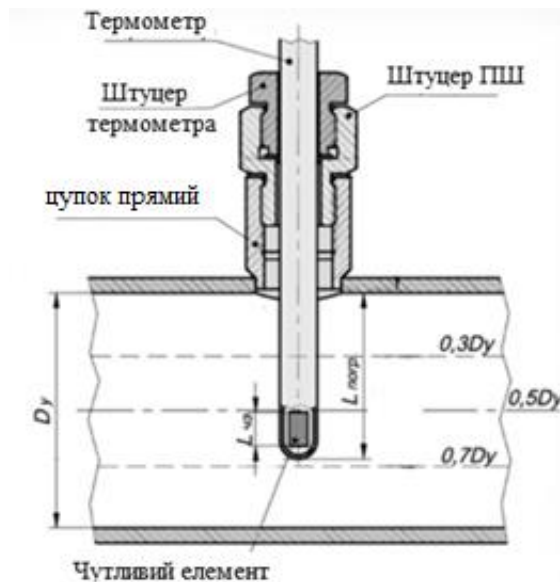


Рисунок 2.20 – Схема встановлення термометра

Промивання та продування трубопроводів

Трубопровід піддають внутрішньому очищенню шляхом промивання або продування перед випробуванням, щоб видалити окалину, сміття і бруд. Трубопроводи усіх діаметрів, що транспортують рідкі середовища і газопроводи діаметром до 150 мм промивають водою, а газопроводи діаметром більше 150 мм очищують тільки продуванням стисненим повітрям.

Промивають трубопроводи водою, а продувають стисненим повітрям, якщо немає інших вказівок у проекті. Паропроводи продувають парою. Після завершення промивання і продування трубопроводів складають акти.

Під час промивання швидкість води у трубопроводі має бути у межах 1 – 1,5 м/с. Промивання проводять доти, доки із вихідного патрубка або спускного пристрою трубопроводу не буде стійко витікати чиста вода. Продування трубопроводу виконують тиском, рівним робочому, але не більше 4 МПа, не допускається падіння тиску в кінці трубопроводу нижче 0,3 МПа. Час продування – не менше 10 хвилин.

Трубопровід, який промивають або продувають повинен бути відключений від інших трубопроводів заглушками. Після промивання або продування арматуру, встановлену на спускних лініях і тупиках, оглядають і очищують. Монтажні шайби, встановлені замість діафрагм контрольно-вимірювальних приладів, після промивання або продування трубопроводів повинні бути замінені діафрагмами.

Гідравлічне випробування трубопроводів

Після закінчення монтажних робіт трубопроводи різного призначення піддають зовнішньому огляду і випробуванням внутрішнім тиском на міцність і герметичність.

Мета зовнішнього огляду змонтованих трубопроводів – встановити відповідність проекту і готовність до їх випробування. Під час огляду перевіряють стан монтажних з'єднань, відсутність механічних пошкоджень трубопроводів, легкість відкривання та закривання запірних пристроїв, правильність встановлення компенсаторів і арматури, зняття монтажних пристосувань, забезпечення вільного видалення повітря при гідравлічному випробуванні встановленням кранів у всіх підвищених точках трубопроводу, можливість заповнення його водою і випорожнення після випробувань. Перевіряють також правильність розташування і стан опор і підвісок, надійність закріплення трубопроводів до опорних конструкцій. Зовнішній огляд трубопроводів виконують у присутності замовника і генерального підрядника.

Види випробувань трубопроводів на міцність і випробувальний тиск визначається проектами для кожної лінії трубопроводу або його окремої ділянки.

Під час підготовчих робіт до випробування складають схему трубопроводу, що випробовується, на якій вказують місця підключення тимчасових трубопроводів, що подають воду (повітря або іншу випробувальну речовину), місця врізання спускних ліній, встановлення спускних клапанів, заглушок, місце скидання води тощо. Вузли із вільними фланцями на кінцях закривають заглушками.

Трубопровід, який випробовується, приєднують через два запірних вентиля до гідравлічного пресу, насосу, компресора або повітряної мережі, що створюють необхідний внутрішній тиск.

Манометри, що застосовуються під час випробувань, повинні бути перевірені і опломбовані, а термометри – повинні мати ціну поділки не більше $0,1^{\circ}\text{C}$.

Дефекти, виявлені під час випробувань трубопроводів, усувають після зниження тиску і звільнення трубопроводів від води. Підтягувати роз'ємні з'єднання, за необхідності, треба попередньо ослабивши фіксацію хомутів найближчих опор або підвісок. Після підтягнення з'єднань трубопровід знову закріплюють. Після усунення дефектів трубопровід або його ділянку випробовують повторно.

Випробування трубопроводу виконують під безпосереднім керівництвом виконавця робіт або майстра у суворій відповідності з інструкціями і правилами техніки безпеки.

Випробування технологічних трубопроводів на міцність та щільність можуть бути гідравлічними або пневматичними. Зазвичай трубопроводи випробовують гідравлічним способом. Пневматичний спосіб застосовують у випадках: температура навколишнього повітря нижче 0°C , не вистачає необхідної кількості води на монтажному майданчику, виникають понаднормові напруги у трубопроводі і опорних конструкціях від значної маси води, а також якщо проектом передбачено випробування на герметичність повітрям або інертним газом.

За відсутності у проекті відповідних вимог випробувальний тиск повинен бути рівним:

- для сталевих трубопроводів із робочим тиском до 0,5 МПа, а також трубопроводів призначених для роботи з температурою понад 400°C незалежно від тиску - $1,5 \cdot P_{\text{роб}}$, але не менше 0,2 МПа;

- для сталевих трубопроводів із робочим тиском понад 0,5 МПа, – $1,25 \cdot P_{\text{роб}}$, але не менше 0,8 МПа;

- для трубопроводів з інших матеріалів – $1,25 \cdot P_{\text{роб}}$, але не менше, для пластикових та скляних – 0,2 МПа, із кольорових металів і сплавів – 0,1 МПа.

Випробувальний тиск під час перевірки на міцність витримують протягом 5 хвилин, далі знижують до робочого і виконують огляд трубопроводу.

У сталевих трубопроводах зварні шви під час огляду можна простукувати сталевим молотком масою до 1,5 кг, а у трубопроводів із кольорових металів і сплавів – дерев'яним молотком масою до 0,8 кг. Результати гідравлічного випробовування вважаються задовільними, якщо за час огляду не відбулося падіння тиску по манометру, а у зварних швах фланцевих з'єднань, корпусах і ущільненнях арматури не виявлено течії і запотівання.

Після досягнення випробувального тиску трубопровід, що випробовується відключають від опресувального агрегату або водогону.

2.6 Технологія монтажу димових труб

Димові труби широко використовуються у промисловості (наприклад у чорній та кольоровій металургії) та тепловій енергетиці. Основні задачі, що виконують димові труби, є створення природної тяги та відведення димових газів у верхні шари атмосфери і розсіювання їх до досягнення концентрації, що менше або дорівнює гранично допустимій. Більшість димових труб виконують ці дві задачі одночасно.

Для спорудження димових труб використовують: цеглу, монолітний або збірний залізобетон, метал.

Більшість димових труб мають такі основні конструктивні елементи: фундамент, цоколь, стовбур, головка, сходи, світлофорні майданчики, блискавкозахист і хутрування.

На конструкцію димової труби діє власна вага, тиск вітру, сейсмічні впливи, колювання, тощо. Усі перелічені навантаження передаються на ґрунт (основу). Вибір конструктивного виконання фундаменту виконують виходячи із результатів інженерно-геологічних та гідрогеологічних випробувань майданчику будівництва. Найбільш розповсюджені залізобетонні фундаменти під димові труби. Залізобетонний фундамент складається із стакану (порожнистий усічений конус) і круглої у плані плити. Для підвищення міцності плиту фундаменту армують зварними сітками і каркасами.

Цоколь – нижня потовщена частина стовбура труби, в якій влаштовують отвори для приєднання надземних і підземних газоходів. Висота цоколя зазвичай рівна 1/10 висоти димової труби. Цоколі металеві труби у два рази вище і посилені ребрами жорсткості.

Матеріал і конструктивне вирішення стовбура обирають на основі техніко-економічного обґрунтування і технологічних параметрів агрегатів, які обслуговує димова труба. Крім того враховують екологічні показники та кліматичні особливості (наприклад, швидкість і напрямок вітру тощо) місця спорудження труби.

У найбільш несприятливих умовах працюють головки димових труб. Тут діє ціла низка факторів: конденсується значна кількість шкідливих складових димових газів; максимальні температурні навантаження. Тому міцності головки приділяють значну увагу. Для зменшення шкідливого впливу агресивних газів зовнішню та внутрішню поверхню покривають кислотостійкими розчинами (у металевих трубах головки виготовляють із корозійностійких сталей).

Сходи використовують для піднімання персоналу на світлофорні майданчики, для ремонтних робіт і огляду стовбура труби. Крім того вони використовуються для піднімання і спуску персоналу у період будівництва і монтажу. Сходи цегляних димових труб виготовляють із скоб і огорожень. Ходові скоби встановлюють під час кладки стовбура із кроком 375 мм і заробляють у кладку на глибину не менше ніж 250 мм, починаючи з відмітки 2,5 м від поверхні землі. Сходи монолітних залізобетонних, збірних залізобетонних і металевих димових труб складаються із окремих ланок завширшки 300 мм, що з'єднуються між собою накладками і болтами. Довжина ланок для монолітних труб – 2,5 м, для збірних – залежно від довжини царг.

Світлофорні майданчики призначені для розміщення вогнів світлоогородження і складаються з таких конструктивних елементів: консольних балок (або несучих кронштейнів), решітчастого настилу і огороження.

Близкавказистом називають комплекс пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, збереженості будівель, споруд і обладнання від можливих пошкоджень під впливом блискавки. Блискавковідвід - пристрій, що сприймає на себе удар блискавки і відводить енергію від цього удару в землю. Він складається із опори, блискавкоприймачів, канату, що з'єднує їх, одного або двох струмовідвідних канатів і електродів заземлення, з'єднаних між собою шиною.

Цегляні димові труби використовують у досить широкому діапазоні температур. Висота таких труб зазвичай не перевищує 100 м. Застосовують цегляні труби у хімічній, нафтохімічній промисловості, а також у невеликих котельнях. Спорудження димових труб із цегли відноситься до спеціальних будівельних робіт. Для кладки застосовують цеглу глиняну звичайну пластичного пресування, міцність якої за маркою не нижче 100, морозостійкість – не менше 35. Цегляну кладку виконують на цементно-вапнякових розчинах маркою не нижче 25 у нижній частині і не нижче 50 у верхній частині.

Більш детально про монтаж сталевих і залізобетонних димових труб описано у пунктах 2.6.1 та 2.6.2 та у [33].

2.6.1 Монтаж сталевих димових труб

У котельнях малої та середньої потужності часто застосовують сталеві димові труби, що розкріплюють відтяжками, розташованими в залежності від висоти труб в один або два яруси. У кожному ярусі встановлюють по три відтяжки з кутом нахилу їх до горизонту 40...60 градусів. У плані відтягнення розташовуються під кутом 120 градусів.

Оскільки сталеві димові труби мають значну висоту і вагу, а крім того встановлюються на відкритому повітрі і нерідко на відмітці покрівлі котельні, то їх монтаж є однією із найбільш відповідальних операцій.

Для вибору методу монтажу керуються такими факторами [33]:

- висота і вага труби;
- місце (відмітка) її встановлення.

Висота металевих труб зазвичай коливається у межах від 15 до 60 м, а їх вага – від 10 до 60 т. Місце встановлення – на покрівлі котельної, або на рівні землі на цегляному цоколі або спеціальному фундаменті.

Стовбур труби розділений на монтажні елементи – царги, довжиною не більше 12 м. До нижньої царги приварюється опорна плитка з ребрами, до верхньої – конічна насадка. Монтажне з'єднання передбачено на зварюванні встик на стиковій підкладці, привареній до нижньої царги. Відтяжки виготовляються окремими ланками довжиною 3м з круглої сталі. У місцях кріплення відтяжок до фундаментів передбачені натяжні пристрої – гвинтові стяжки. Вздовж труби приварюються скоби сходів.

Операції, що виконуються в загальному випадку під час монтажу труби:

- піднімання деталей димової труби на відмітку встановлення;
- підготовка деталей до збирання;
- монтаж опорної конструкції під димову трубу;
- збирання димової труби;
- піднімання димової труби;
- перевірка і розкріплення димової труби.

Особливої уваги потребують операції збирання труби і її піднімання, які часто суміщаються. Зважаючи на це розрізняють два способи монтажу димових труб:

- підйом труби у зібраному вигляді з попереднім збиранням царг на монтажній підлозі;
- підйом труби окремими ланками (царгами) із збиранням їх між собою на висоті.

Перший спосіб полягає у тому, що на відмітці монтажу виконується збирання окремих царг димової труби у горизонтальному положенні. Труба

розташовується між вибраними для піднімання вантажопідйомними пристосуваннями таким чином, щоб вісь труби знаходилась у площині піднімання і проходить через центр місця встановлення її основи, а також щоб по довжині приблизно третина зібраної труби знаходилась з одного боку від місця монтажу основи, а дві третини – з іншого боку.

Монтаж сталеві труби методом повороту навколо опорного шарніра здійснюється за допомогою шевра, допоміжної щогли, падаючої стріли та вантажопідйомного крана з подальшим дотягненням лебідкою. Найбільш розповсюджені способи встановлення сталевий димової труби методом повороту навколо опорного шарніра зображені на рис 2.21.

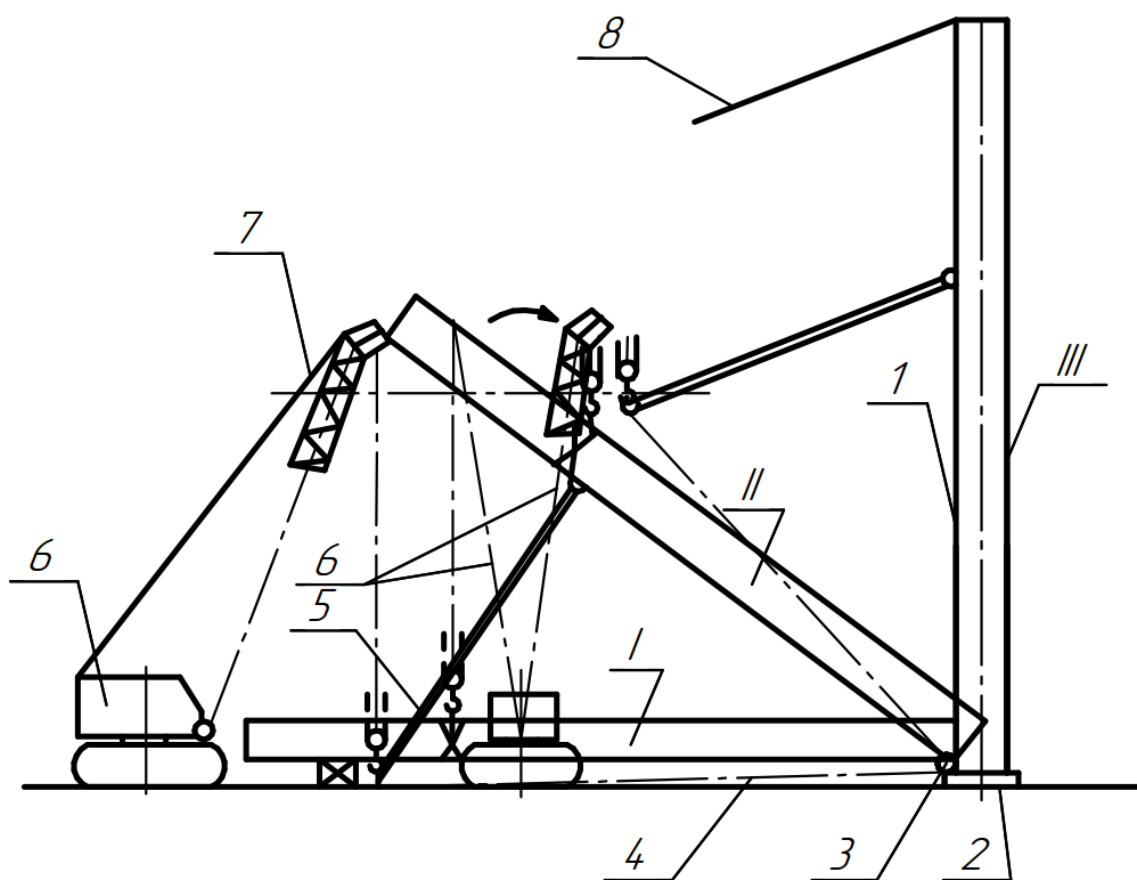


Рисунок 2.21 – Монтаж сталеві труби поворотом навколо шарніра: 1 – труба, 2 – фундамент, 3 – шарнір, 4 – канат, 5 – стійка, 6 – кран, 7 – максимальна висота підйому крюка крану, 8 – гальмівний канат; I...III – положення труби

Другий спосіб підйому труби – окремими царгами – має два різновиди:

- нарощування труби знизу;
- нарощування труби зверху.

Нарощування труби знизу: монтаж починають з верхньої царги труби, яку встановлюють між двома призначеними для піднімання пристосуваннями. Трубу припіднімають з їх допомогою на висоту, достатню для підведення знизу наступної (від верху труби) ланки (царги) (рис. 2.22).

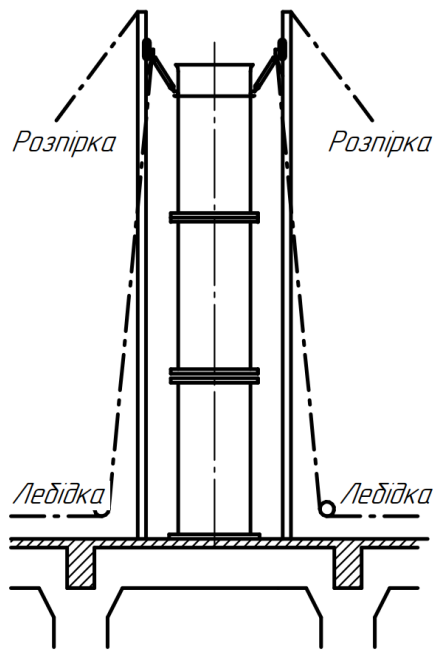


Рисунок 2.22 – Підйом труби нарощуванням знизу

Далі раніше підняту царгу опускають на встановлену під неї царгу і збирається їх фланцеве з'єднання, після чого обидві зібрані царги знову піднімаються для встановлення під них третьої і так далі, аж до встановлення останньої нижньої царги.

Нарощування труби зверху полягає у тому, що монтаж починається із найнижчої царги, що встановлюється одразу на основу під трубу. По завершенню її встановлення поспідовно піднімають і встановлюються на попередні із збиранням їх фланцевого з'єднання усі наступні царги, завершуючи верхньою (рис. 2.23, рис. 2.24).

Монтаж сталевих димових труб з окремих царг методом нарощування проводиться баштовими кранами або з використанням самопідйомного (повзучого) крана.

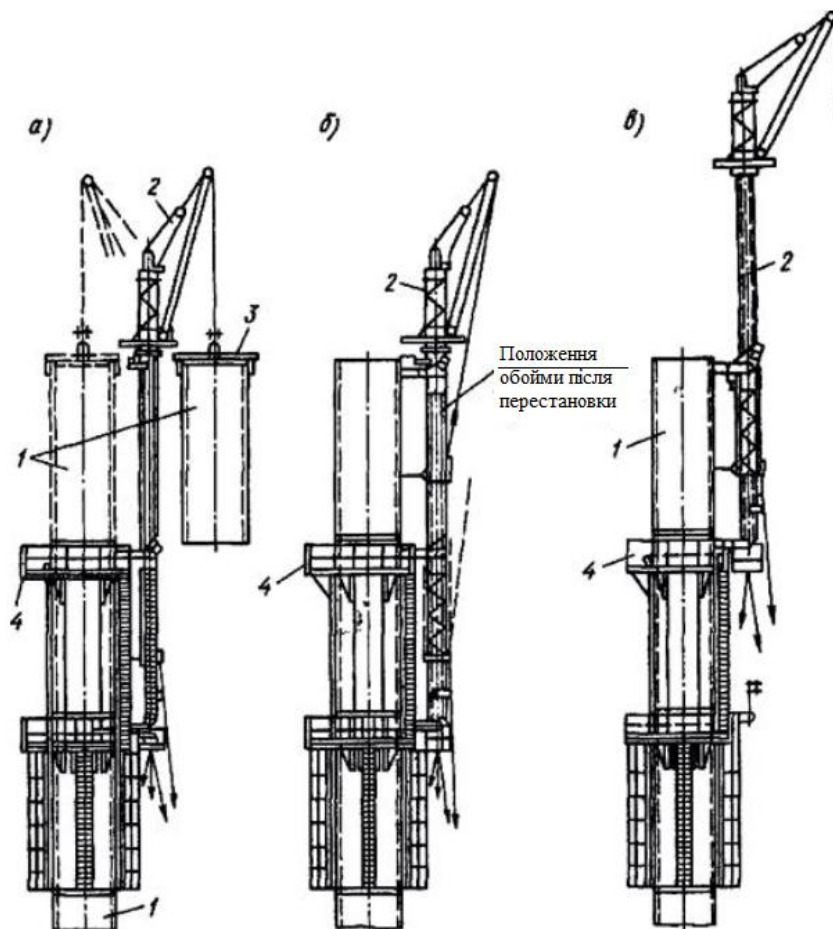


Рисунок 2.23 – Схема монтажу сталеві димові труби само підйомним краном: а – монтаж царги; б – перестановка обійми крана; в – перестановка ствола крана; 1 – царга труби; 2 – само підйомний кран; 3 – траверса; 4 – кільцеве риштування

Монтаж сталевих димових труб з окремих царг методом нарощування проводиться баштовими кранами або з використанням самопідйомного (повзучого) крана.



Рисунок 2.24 – Монтаж димової труби краном (окремими царгами)

Найбільш раціональним є піднімання труби у зібраному вигляді, таких спосіб рекомендується в усіх випадках, коли є можливим попереднє збирання труби в горизонтальному положенні.

2.6.2 Монтаж залізобетонних димових труб і лежаків

Залізобетонні труби споруджують висотою 100 м і більше. Така висота застосовується не для створення необхідної тяги, а через необхідність видалення запилених і шкідливих газів у більш високі шари атмосфери.

Спорудження монолітних залізобетонних труб великої висоти пов'язано з виконанням значних об'ємів будівельно-монтажних робіт і є тривалим процесом.

Залізобетонний ствол у більшості випадків споруджують за технологією поярусного бетонування або способом безперервного бетонування у ковзкій опалубці [6].

Для будівництва димових труб великої висоти використовують виготовлені в заводських умовах збірні залізобетонні елементи у вигляді циліндричних кілець, так званих царг, або півкілець (напівцарг). Кільця або півкільця виготовляють різних діаметрів з жаростійких бетонів на заводах або полігонах і доставляють на місце в готовому вигляді. Маса царг досягає 10 т.

Монтаж димових труб із збірних блоків ведуть двома основними способами: методом вичавлювання з підрушуванням конструкції і методом нарощування (рис. 2.25). Найбільше розповсюдження отримав метод нарощування з використанням самопідйомних, приставних повзучих та баштових кранів.

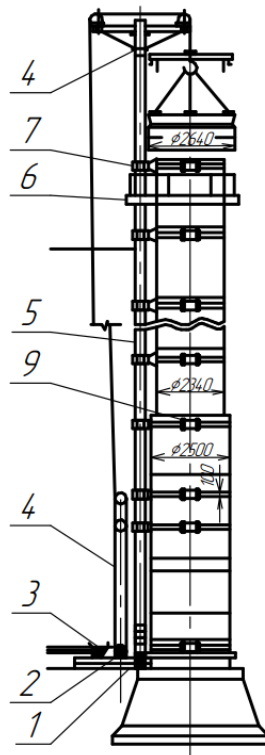


Рисунок 2.25 – Монтаж збірної димової труби краном (окремими царгами): 1 – опорна рама; 2 – відвідний блок вантажного канату; 3 – відвідний блок канату допоміжної лебідки; 4 – стійка для підйому щогли; 5 – секція щогли крану; 6 – переставний монтажний майданчик; 7 – опорне стяжне кільце; 8 – робоча головка крана; 9 – стяжне кільце для кріплення щогли

З півкілець труби монтують таким чином. Півкільце краном піднімають і підводять до місця установки на монтажний горизонт. Потім півкільце опускають на розчин, розкладений на нижньому ряду півкілець. Встановивши півкільце так, щоб його ніші співпали з нішами нижнього ряду півкілець на його вертикальні грані наносять жаростійкий розчин, після чого встановлюють на розкладений розчин суміжне півкільце. Горизонтальні шви роблять товщиною 3...5 мм. Суміжні півкільця стягують сталевим поясом з шинної сталі у вигляді двох напівобручів на болтах. Півкільця встановлюють так, щоб вертикальні шви верхнього і нижнього рядів зміщувалися на 60°. Утворені суміжними пазами в ребрах кілець вертикальні шви заповнюють рідким жаростійким розчином. Коли обидва півкільця стягнуті сталевим поясом, встановлюють ланку зовнішніх сходів, блискавковідвід і зварюють вертикальні стрижні арматури в нішах. По закінченні зварювання ніші закладають шамотною цеглою на жаростійкому розчині або заповнюють жаростійким бетоном. Монтаж ведуть з кільцевих зовнішніх риштовань, які кріпляться до труби і переставляються під час монтажу 3 циліндричних кілець монтаж димових труб ведуть з установкою кілець на розчин або «насухо».

Під час монтажу кілець «насухо» їх опускають на металеві прокладки, що укладаються на нижнє кільце. В утворений порожній кільцевий шов підливають розчин. Після встановлення кільця виконують з'єднання поздовжньої арматури кілець в нішах шляхом приварювання випусків арматури (коротишів). Закладення стиків в нішах виконують як і під час монтажу півкілець.

Іноді монтаж труб з царг ведуть методом повороту конструкцій (рис. 2.26). У місцях встановлення труб на спланованому майданчику укладають рейковий шлях з шириною колії 1500...1800 мм, яка визначається діаметром труби. На рейковий шлях укладають шпальні клітини, а на них розміщують царги одна до іншої з розривом між торцями 10...12 мм. Царги вирівнюють в горизонтальне положення домкратами, дерев'яними підкладками-клинами. Нижню, опорну царгу вкладають на металеві салазки, які будуть ковзати по рейкам під час підйому труби. Царги надходять на будівельний об'єкт з каналами під напружену арматуру, які з поверхні закриваються гумовими шайбами товщиною, рівною товщині шва між царгами. Після завершення збирання, вивіряють горизонтальність положення майбутньої труби і співвісність каналів для напруженої арматури. Потім в канали протягають арматуру за допомогою лебідки і закладають шви між царгами. Коли зароблені шви наберуть міцність не менше 40..50% проектної міцності, виконують натягнення арматури гідравлічними домкратами з обох боків. Натягують одночасно по два діаметрально розташованим стрижня арматури. Коли необхідне зусилля досягнуте, кінці стрижнів закріплюють, а гідродомкрати знімають. Для зчеплення арматури з бетоном та захисту арматури від корозії, в канали з прокладеною арматурою нагнітають жаростійкий розчин за допомогою розчинонасосів або спеціальних агрегатів.

Останнім етапом під час збирання труби перед підніманням є встановлення ходових сходів, світлофорних майданчиків і блискавковідводу.

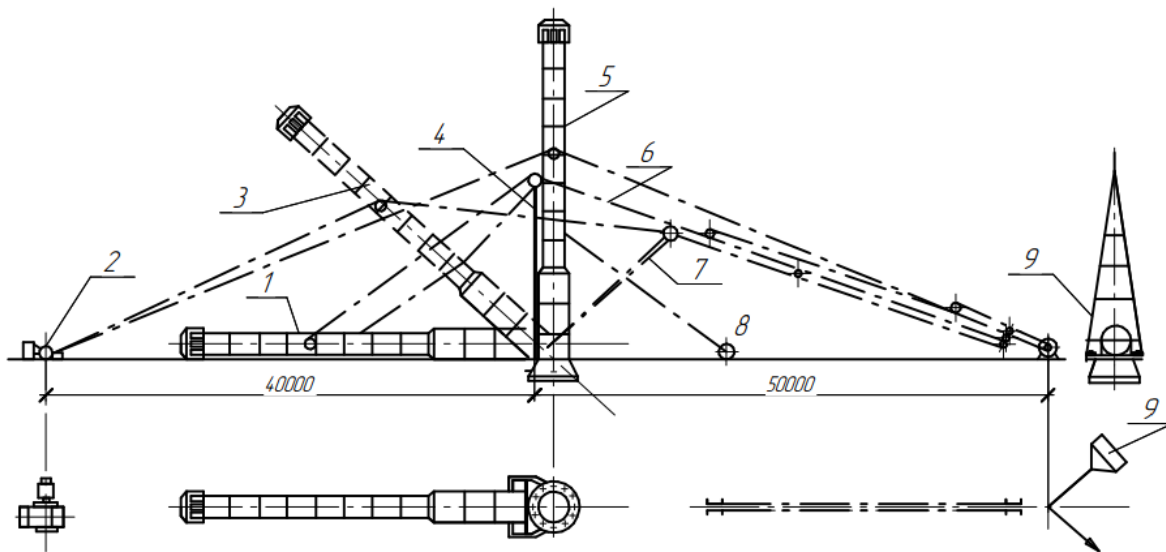


Рисунок 2.26 – Монтаж димової труби падаючим А-подібним шевром : 1 – початкове положення труби; 2 – гальмівна лебідка; 3 – проміжне положення труби; 4 – початкове положення шевра 5 – проектне положення труби; 6 – тягова гілка; 7 – проміжне положення шевра; 8 – кінцеве положення шевра; 9 – вантажна лебідка

Для підйому труби з горизонтального положення у вертикальне використовують щогли ґратчастої конструкції вантажопідйомністю до 100 т, закріплені до якорів трьома або чотирма гвинтами. Стропування труби виконують в місці, віддаленому від її вершини приблизно на 1/3 висоти. Підйом труби виконують двома лебідками з поліспастиками, при цьому санчата ковзають по рейках. Коли труба прийме вертикальне положення, її осаджують на анкерні болти фундаменту. Після перевірки вертикальності труби і витримки бетону, залитого в гнізда анкерних болтів, виконують розстропування і демонтаж щогл.

Під час монтажу лежаків використовують збірні об'ємні залізобетонні блоки круглого, овалоподібного і еліптичного поперечного перерізу. Блоки лежаків роблять довжиною до двох метрів і масою до 4 т. Для влаштування поворотів лежаків, крім рядових, виготовляють блоки зі скошеними торцевими площинами під кутом один до одного. Монтують блоки лежаків самохідними стріловими кранами, встановлюючи їх безпосередньо на утрамбовану ґрунтову основу або на піщану підготовку. Шви між блоками із зовнішнього боку закривають або обмазують жаростійким розчином.

2.7 Контрольні запитання

1. Поясніть, в чому полягає відмінність між внутрішньоцеховими та міжцеховими трубопроводами.

2. Поясніть, від яких факторів залежить надійність і безпека роботи трубопроводів.
3. Які підготовчі роботи виконують перед монтажем трубопроводів?
4. Поясніть, яким чином виконують проходження трубопроводів через будівельні конструкції.
5. Поясніть особливості встановлення рухомих опор трубопроводів та їх деталей.
6. Опишіть роботи, що виконуються під час монтажу трубопроводів та їх порядок.
7. Поясніть особливості монтажу обв'язувальних трубопроводів на високих відмітках вертикального обладнання.
8. Поясніть, як виконують розбивання траси трубопроводів.
9. Поясніть, за допомогою яких засобів виконують розбивання траси трубопроводів.
10. Поясніть, за допомогою яких засобів закріплюють обладнання на фундаменті. Охарактеризуйте їх види.
11. Який тиск застосовують під час випробування на міцність сталевих трубопроводів?
12. Поясніть мету і порядок промивання або продування трубопроводів перед випробуванням.
13. За допомогою яких інструментів виконують перевірку відповідності змонтованих комунікацій проектній документації?
14. Поясніть, які види з'єднань трубопроводів можна використовувати у місцях важких для огляду та доступу.
15. Поясніть, в яких випадках застосовують фланцеве з'єднання сталевих трубопроводів.
16. Поясніть особливості монтажу безфланцевої арматури на трубопроводі (приварюванням).
17. Поясніть особливості монтажу фланцевої арматури на трубопроводі.
18. Поясніть, який тиск використовують під час гідравлічного випробування арматури з різного матеріалу після ремонту.
19. Поясніть порядок проведення гідравлічного випробування арматури.
20. Яким чином встановлюють гільзи термометрів в трубопроводах з різним умовним проходом?
21. Наведіть перелік документів, що відносяться до монтажних креслень.
22. Наведіть перелік документів, що відносяться до деталювальних креслень.
23. Що має бути показано на монтажно-технологічній схемі?
24. Які роботи виконують під час приймання готових фундаментів?
25. Поясніть, як і за допомогою яких засобів виконують стропування великогабаритних насосів.

26. Наведіть перелік робіт, що виконуються під час монтажу теплообмінників, та їх послідовність.
27. Поясніть, як і за допомогою яких засобів виконують стропування теплообмінного обладнання.
28. Дайте визначення фундаментам під обладнання. Назвіть їх складові.
29. Які початкові дані необхідні для розрахунку фундаментів під теплоенергетичне та теплотехнологічне обладнання?
30. Поясніть, в чому полягає відмінність між фундаментними та анкерними болтами.
31. Наведіть послідовність та умови проведення випробувань теплообмінних апаратів.
32. Наведіть заходи, що використовуються для обмеження розповсюдження вібрацій від обладнання на будівельні конструкції.
33. Назвіть умови, коли обладнання можна встановлювати без фундаменту.
34. Охарактеризуйте будівельні роботи, які потрібно виконати перед монтажем котельних установок.
35. Поясніть, яким чином усувається ймовірність передавання механічних напруг від трубопроводів до патрубків насосів.
36. Охарактеризуйте місце і умови встановлення димососів.
37. Наведіть порядок перевірки змонтованих відцентрових вентиляторів.
38. Наведіть порядок перевірки змонтованих димососів та умови її припинення.
39. Наведіть перелік робіт, які необхідно виконати в загальному випадку під час монтажу сталеві димові труби.
40. Назвіть відомі вам методи монтажу і способи піднімання сталевих димових труб.
41. Поясніть, з яких матеріалів виготовляють димові труби котелень та ТЕЦ.
42. Поясніть, які фактори впливають на вибір методу монтажу димових труб.
43. Поясніть, якими основними способами виконують монтаж залізобетонних димових труб із збірних блоків.
44. Поясніть, яким чином виконують піднімання зібраної залізобетонної димові труби з горизонтального положення у вертикальне.

3 ПЛАНУВАННЯ РОБІТ ПО МОНТАЖУ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1 Нормування тривалості будівельно-монтажних робіт. Календарне планування монтажних робіт

До календарних планів (КП) у будівництві відносяться усі документи з планування, у яких на основі об'ємів будівельно-монтажних робіт та прийнятих організаційних та технологічних рішень визначені послідовність і терміни здійснення будівництва. КП є основним документом у складі проекту організації робіт і проекту виконання робіт [34].

У відповідності із календарними планами будівництва розробляються календарні плани забезпечення – графік потреби у робочих кадрах і матеріально-технічних ресурсах.

За КП розраховують у часі потребу у трудових і матеріально-технічних ресурсах, а також терміни поставки усіх видів обладнання. Ці розрахунки можна виконувати як за об'єктом в цілому, так і за окремими періодами будівництва. Керуючись КП ведуть контроль за виконанням робіт та координують роботу виконавців. Терміни робіт, розраховані у КП, використовують в якості відправних у більш детальних планових документах.

Порядок розробки КП:

- 1) складають перелік (номенклатуру робіт);
- 2) у відповідності із ним за кожним видом робіт визначають їх об'єми;
- 3) здійснюють вибір методів виконання основних робіт і провідних машин;
- 4) розраховують нормативну машино- та трудомісткість;
- 5) визначають склад бригад і ланок;
- 6) виявляють технологічну послідовність виконання робіт;
- 7) встановлюють змінність робіт;
- 8) визначають тривалість окремих робіт і їх суміщення між собою; одночасно згідно із цими даними коректують число виконавців і змінність;
- 9) співставляють розрахункову тривалість із нормативною і вводять необхідні поправки;
- 10) на основі КП розробляють графіки потреби у ресурсах і їх забезпечення.

Вихідними даними для розробки КП у складі проекту виконання робіт слугують [34]:

- нормативи тривалості будівництва або директивне завдання;
- КП у складі проекту організації будівництва;
- технологічні карти на будівельні, монтажні та спеціальні роботи;
- робоча документація і кошториси;

- дані про організації-учасники будівництва, дані про склад бригад і досягнуту ними продуктивність, наявні механізми і можливості отримання необхідних матеріальних ресурсів.

КП виконання робіт на об'єкті складається із двох частин: лівої – розрахункової (табл. 3.1) і правої – графічної; тому такі плани називають графіками. Графічна частина може бути лінійною або сітковою.

Перелік робіт (гр. 2) заповнюється у технологічній послідовності виконання з групуванням за видами і періодами робіт.

Об'єми робіт (гр. 3, 4) визначають за робочою документацією і кошторисами. Об'єми робіт потрібно витримувати в одиницях, прийнятих в укрупнених комплексних нормах (ДБН).

Норма часу (гр. 5) та затрати машинного часу підраховуються за різними нормами. Об'єктивність рішень КП передусім визначається вибором джерела даних з норм часу.

Таблиця 3.1 – Календарний план робіт за об'єктом (видом робіт)

| № п/п | Найменування робіт | Обсяг робіт | | Норма часу, люд.-год | Трудомісткість, люд.-дні | Тривалість робіт, дні | Число змін | Чисельність робочих у змiну, чол. | Склад бригади | Графік робіт (дні, місяці) |
|-------|--------------------|---------------------|-----------|----------------------|--------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|---------------|----------------------------|
| | | Одиниця вимірювання | Кількість | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Трудомісткість монтажних робіт (гр. 6)

$$Q = V \cdot N_{\text{ч}} / B, \quad (3.1)$$

де V – об'єм робіт;

$N_{\text{ч}}$ – норма часу на одиницю виміру (визначається за [35 – 40]), люд.-год;

B – кількість годин в зміні, год.

Тривалість робіт (гр. 7)

$$T = Q/n, \quad (3.2)$$

де n – кількість робітників, люд.

До моменту складання КП повинні бути визначені методи виконання робіт та обрані машини і механізми. У процесі складання графіку необхідно забезпечити умови інтенсивної експлуатації основних машин шляхом їх використання у 2...3 зміни без перерв у роботі.

Кількісний склад кожної ланки визначають на основі затрат праці на роботах, доручених ланці і тривалості виконання процесу.

Розрахунок складу ланки виконують у визначеній послідовності:

- 1) намічують комплекс робіт, що доручаються ланці (за гр. 1)
- 2) підраховують трудомісткість робіт, що входять у комплекс ;
- 3) із калькуляції обирають затрати часу за професіями і розрядами робочих;
- 4) встановлюють рекомендації з раціонального суміщення професій;
- 5) на основі даних про час, необхідний провідній машині для виконання наміченого комплексу робіт, встановлюють тривалість провідного процесу;
- 6) розраховують чисельний склад ланок і бригади;
- 7) визначають професійно-кваліфікаційний склад бригади.

Графік виконання робіт – права частина КП – наочно зображує хід робіт у часі, послідовність та узгодження робіт між собою.

Календарні терміни виконання окремих робіт встановлюють із умови дотримання суворої технологічної послідовності з урахуванням необхідності у мінімально можливий термін надати можливість для здійснення наступних робіт.

Період готовності фронту робіт у ряді випадків збільшується через необхідність дотримання технологічних перерв між двома послідовно виконуваними роботами.

Складання графіку (права частина) необхідно починати із провідної роботи або процесу, від якої переважно залежить загальна тривалість монтажу об'єкта. Співставляючи із заданими термінами, можна за необхідності скоротити тривалість провідного процесу, збільшуючи змінність і число механізмів під час механізованих робіт, або чисельність виконавців на роботах, виконуваних вручну. Залежно від періоду, на який розрахований графік, і складності об'єкта може бути декілька провідних процесів.

Терміни інших процесів прив'язують до провідного.

Для оцінювання КП існує система техніко-економічних показників, у склад яких поряд з загальними для усіх видів будівництва входять показники, що відображують специфіку об'єкта, а також місцеві умови. Базою порівняння є норми, встановлені завданням, аналогічний проект, а за розробки КП у декількох варіантах – порівняння їх між собою.

Основним показником для оцінювання є результат співставлення тривалості виконання монтажних робіт за розробленим календарним планом з діючими нормами. Аналізують не тільки загальну тривалість, але і його складові: терміни підготовчих робіт; здавання під монтаж; тривалість монтажу тощо [41].

3.2 Випробування, приймання систем і здача робіт

Змонтоване обладнання піддають випробуванню: на міцність і щільність – посудини і апарати, а також системи змащення і охолодження; в режимі холостого ходу – компресори (за виключенням відцентрових) і насоси; в режимі навантаження – компресори, насоси та інші нагнітальні машини.

Якщо немає можливості виконати випробування під навантаженням окремо від випробування всього комплексу суміжного обладнання і комунікацій, їх проводять під час комплексного випробування обладнання. Об'єм, умови і тривалість індивідуальних випробувань кожного виду обладнання повинно відповідати стандартам, технічним мовам та вказівкам заводів-виготовлювачів.

Випробування на міцність і щільність. Після завершення монтажу посудини і апарати випробовують на міцність і щільність переважно гідравлічно – пробним тиском (табл. 3.2)

Таблиця 3.2 – Пробний тиск під час гідравлічного випробування посудин і апаратів

| Температура | Посудини | Робочий тиск Р, МПа | Пробний тиск |
|--------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| До 200°С | Всі посудини і апарати, крім литих | Нижче 0,5 | 1,5 Р, але не менше 0,2 МПа |
| | Теж | 0,5 і вище | 1,25 Р, але не менше Р+0,3 МПа |
| | Литі | Незалежно від тиску | 1,5 Р, але не менше 0,3 МПа |
| 200...400°С | Незалежно | Незалежно від тиску | 1,5 Р |
| Більше 400°С | Незалежно | Незалежно від тиску | 2 Р |

Перед гідравлічним випробуванням апарат вкладають на тимчасові опори з нахилом. На всі штуцери апарату встановлюють заглушки. Апарат заповнюють водою доти, поки вона не виходитиме із відкритого вентиля для виходу повітря. Далі вентиль закривають і включають гідропрес, який доводить тиск води в апараті до випробуваної величини. Тиск вимірюють манометрами.

Перед підвищенням тиску необхідно впевнитись у відсутності повітря в посудині або апараті. Під час гідравлічного випробування повинно бути забезпечено поступове і плавне підвищення і зниження тиску. Вимірюють тиск контрольним манометром.

Під дією пробного тиску посудина або апарат повинен знаходитись 5 хвилин, далі тиск поступово знижують до робочого, під дією якого оглядають посудину, перевіряючи її на щільність. Особливу увагу звертають на зварні шви та інші з'єднання.

Посудина або апарат визнається таким, що витримав випробування, якщо у ньому не виявлено ознак розривів, не буде помічено течії і запотівання у зварних швах не були помічені видимі залишкові деформації після випробувань.

Якщо посудини і апарати не можна випробувати гідравлічним способом, їх випробовують пневматичним способом повітрям або інертними газами.

Здавальна документація

При здаванні змонтованого обладнання в комплексне випробування представляють таку технічну документацію:

1. Акти:

- готовності фундаменту, опорної конструкції або іншої основи;
- приймання обладнання в монтаж;
- про виявлені дефекти обладнання (якщо це мало місце);
- на «приховані» роботи з монтажу обладнання;
- перевірка правильності встановлення на фундамент;
- випробувань системи змашування, гідравліки та пневматики;
- випробування на міцність та щільність (для апаратів);
- випробування машин вхолосту та під навантаженням.

2. Монтажні збиральні формуляри.

3. Комплект робочих креслень на монтаж обладнання з підписом відповідального представника монтажної організації про відповідність виконаних в натурі робіт цим кресленням або про внесення в них змін, якщо вони мали місце в процесі монтажу.

Пуск і здавання установок в експлуатацію

Перед пуском та здаванням теплотехнологічних установок в експлуатацію монтажна організація передає замовнику всю заводську документацію на обладнання і акти випробування посудин і трубопроводів у відповідності з нормами та правилами Держгіртехнагляду для заповнення паспортів на посудини, що працюють під тиском.

Одночасно замовнику передається один екземпляр робочих креслень з виправленнями та доповненнями, зробленими під час монтажу, а також виконавчу схему трубопроводів; акти на «приховані» роботи; виготовлення фундаментів, продувку апаратів і трубопроводів, заповнення системи холодильним агентом та холодоносієм, тарування запобіжних клапанів, заміри опорів електричних ланцюгів, заземлення.

Здавальні випробування, що проводяться під час монтажу, мають підтвердити працездатність змонтованої системи, відповідність її проекту та вимогам виробництва.

Окремі частини холодильних установок при здаванні в експлуатацію випробовують спочатку без навантаження.

Компресори випробовують в роботі без заповнення холодоагентом, з відкритим байпасом, а при його відсутності від'єднують фланець за нагнітальним вентиляем. Перевіряють систему змащення, спостерігають за нагрівом частин компресора, що труться і спостерігають за тим, щоб рівень вібрації не перевищував встановлених значень.

Насоси спочатку прокручують вхолосту, а потім під навантаженням. При цьому визначають створений насосом напір та витрату.

Витрата може бути визначена за об'ємом заповнення резервуарів або за допомогою витратомірів.

Під час випробування вентиляторів перевіряють з'єднання валів вентиляторів та електродвигунів, наявність огорожень, рівень вібрації, видатність. Видатність вентиляторів визначають вимірюванням швидкостей в декількох точках перерізу повітропроводу.

В процесі теплотехнічних випробувань холодильної установки фіксують такі параметри: температури і тиски холодоагенту у вузлових точках циклу, температури та тиски мастила, води, розсолу і повітря; потужність, що споживається з мережі електродвигунами, параметри, що характеризують стан повітря в охолоджуваних приміщеннях холодильних установок.

Після проведення випробувань та отримання позитивних результатів складають акт за встановленою формою про передачу установки в експлуатацію.

Технологічні трубопроводи здають одночасно з промисловими установками, агрегатами, цехами та іншими об'єктами до яких вони відносяться. Міжцехові трубопроводи, що обслуговують кілька об'єктів, можна здавати самостійно після завершення всіх будівельних, монтажних та спеціальних робіт, що до них відносяться.

При здаванні в експлуатацію технологічних трубопроводів на $P_y < 10$ МПа монтажна організація повинна представити замовнику таку технічну документацію:

- акти приймання-здавання траншей, опорних конструкцій та інших споруд під монтаж трубопроводів;
- акти на укладання патронів;
- сертифікати на труби та деталі трубопроводів;
- зварювальні матеріали та кріпильні вироби;
- паспорти на арматуру та акти її випробування (у випадку їх проведення);
- журнал зварювальних робіт (для трубопроводів I та II категорій);
- списки зварювальників, які брали участь в зварюванні трубопроводів, з вказанням номерів посвідчень та клейм;
- журнал режимів термічної обробки зварних з'єднань;
- акти перевірки внутрішнього очищення трубопроводів;
- акти випробування трубопроводів на міцність та щільність;

- акти додаткового пневматичного випробування трубопроводів на міцність з визначенням падіння тиску;
- акти промивання та продування трубопроводів;
- виконавчі схеми трубопроводів (для трубопроводів I категорії).

Трубопроводи пари і гарячої води I категорії з $D_y = 70$ мм і більше, а також трубопроводи II та III категорії з $D_y = 100$ мм і більше підлягають опосвідченню і реєстрації в місцевих організаціях Держгіртехнагляду, яким організація, що виконує монтаж, надає:

- паспорт трубопроводу, що містить дані про його робочі параметри, результати опосвідчення та ін.;
- свідоцтво про виготовлення вузлів трубопроводу;
- свідоцтво про монтаж трубопроводу;
- аксонометричну схему трубопроводу.

Свідоцтво про виготовлення вузлів та монтажу трубопроводів містить: сертифікати на метал труб та всіх деталей трубопроводів; паспорти арматури; сертифікати на електроди, що використані під час монтажу; посвідчення та дані про результати випробувань електрозварників; дані про результати випробування пробних зразків зварних стиків; журнал термообробки зварних стиків з легованої сталі; протокол випробування зварних стиків з легованої сталі; протокол випробування зварних стиків фізичними методами контролю; журнал заміру діаметрів паропроводу для спостереження за повзучістю металу; журнал фіксації вісі трубопроводу; журнал вихідних замірів положення трубопроводу за реперами термічного переміщення.

На схемі трубопроводу, в якості якої зазвичай використовують виконавчі деталювальні креслення ліній паропроводу, мають бути вказані: діаметр та товщина стінки труб; розташування опор, підвісок та зварних стиків з вказанням клейм зварювальників, що виконують ці стики; розташування арматури, спускних, продувальних та дренажних пристроїв; нумерація точок для спостереження за повзучістю.

Дозвіл на пуск в експлуатацію новозмонтованих трубопроводів, що підлягають опосвідченню і реєстрації місцевими органами Держгіртехнагляду, видається інженером-контролером Держгіртехнагляду на основі акту приймання трубопроводів замовником та проведеного їх технічного опосвідчення.

Пуск у роботу обладнання під тиском

1. Приймання в експлуатацію нововстановленого обладнання під тиском здійснюється згідно з вимогами нормативної документації.
2. Пуск обладнання під тиском в роботу проводиться за наказом роботодавця на підставі результатів проведених пусконаладжувальних робіт і первинного технічного огляду котла для визначення готовності обладнання під тиском до експлуатації.

3. На кожному обладнанні під тиском, що введено в експлуатацію, має бути прикріплена на видному місці табличка форматом не менше ніж 300 на 200 мм із зазначенням таких даних:
 - 1) Дозволений тиск або температура води;
 - 2) Число, місяць і рік наступних зовнішнього та внутрішнього огляду і гідростатичного випробування.

Приймання в експлуатацію котелень

Після реєстрації котла (котлів), монтажу тепломеханічної частини, технічного опосвідчення виконуються роботи щодо обмурування котла, підготовки системи водопідготовки і одночасно наказом по підприємству створюється робоча комісія для роботи по прийманню в експлуатацію котельні. До складу комісії входять представники: замовника, генпідрядника та підрядних монтажних організацій.

Складається план поетапного приймання в експлуатацію об'єкта. До початку роботи комісії за 10 днів письмово сповіщаються місцеві служби пожежного нагляду, санепідемстанції, охорони навколишнього середовища та Держнаглядохоронпраці України.

Комісія складає акт недоробок з благоустрою території, будівельних робіт, тепломеханічної частини, енергомонтажу, внутрішніх мереж, КВПіА, освітлення, по побутових приміщеннях, з газопостачання, призначає відповідальних за виконання та установлює нові строки виконання завершальних робіт.

Одночасно усі підрядні організації подають Генпідряднику документацію щодо виконання монтажних та пусконаладжувальних робіт.

Генпідрядник готує документи, технічну документацію та після оформлення акта про здачу котельні в експлуатацію передає її із свого балансу на баланс замовника. При цьому, звітуючись перед центральним статистичним управлінням та державним комітетом Держбуду України про введення нових енергопотужностей.

3.3 Заходи з охорони праці під час монтажних робіт

Контроль за виконанням робіт безпечними методами під час монтажу обладнання належить до обов'язків і відповідальності керівників монтажної ділянки, виконавців робіт і майстрів, які повинні забезпечувати справний стан і дію монтажного обладнання, інструменту, вантажопідйомних машин і такелажних пристосувань, захисних і допоміжних засобів забезпечення безпеки робіт, а також інших заходів у відповідності із «Правилами техніки безпеки у будівництві».

Під час монтажу обладнання на монтажному майданчику повинні виконуватись наступні основні правила техніки безпеки [30]:

- 1) До монтажних робіт можуть бути допущені особи у віці не молодше 18 років на основі відомостей медичного огляду, які пройшли ввідний інструктаж, інструктаж на робочому місці і знають правила техніки безпеки. Це фіксується у відповідних журналах.
- 2) Знання правил техніки безпеки інженерно-технічними працівниками і робітниками повинно перевірятись щорічно. Особи, які не знають правил, не повинні допускатися до робіт, а ті, що не виконують правила – несуть відповідальність згідно існуючих правил і законів.
- 3) Монтажний персонал зобов'язаний з'являтися на робоче місце у справному спецодязі і з захисними засобами (каска, захисні окуляри, запобіжний пояс), що відповідають характеру роботи.
- 4) На робочих місцях і монтажному майданчику завжди повинна підтримуватись чистота, робочі місця повинні мати достатнє освітлення за встановленими нормами у денний і нічний час. Небезпечні місця повинні бути огорожені і містити чіткі попереджувальні знаки.
- 5) Монтажні риштування, підмостки, підвісні риштування, переносні драбини для робіт на висоті більше 1,5 м від поверхні повинні виготовлятися за проектами із якісних лісоматеріалів з подальшим випробуванням їх до введення в роботу і перевіркою стану їх перед початком кожної зміни. Перевантажувати данні пристрої забороняється.
- 6) Пройми фундаментів на перекриттях, монтажних риштуваннях і підмостках необхідно закривати суцільними настилами або огорожувати перилами висотою не менше 1 м і бортовою дошкою.
- 7) Під час роботи із запобіжними поясами на висоті більше 1,5 м робочим повинні бути вказані місця кріплення запобіжних поясів до надійних конструкції або захисних тросів. До таких робіт дозволяється допускати робітників, що мають розряд не нижче третього і стаж монтажних робіт не менше одного року.
- 8) Одночасне виконання робіт у двох або більше ярусах на одній вертикалі без відповідних захисних засобів не дозволяється. Для захисту працівників на нижніх відмітках повинні бути влаштовані піддашки, настили із бортовою дошкою, натягнуті захисні сітки тощо.
- 9) Необхідно регулярно за графіками виконувати відбракування інструменту в коморах, огляд, перевірку та випробування, капітальний ремонт монтажних засобів і обладнання, вантажопідйомних машин, такелажу, стропів, захисних засобів з техніки безпеки, ацетиленових генераторів, зварювальної апаратури, захисного заземлення, а також залізничних і підкранових шляхів.
- 10) До піднімання вантажів мостовими і пересувними кранами, лебідками, талями і блоками дозволяється допускати робітників, що навчені керуванню даними пристроями, знають способи стропування вантажів і правила сигналізації. Рівень знань для цієї категорії робіт підтверджується державною перевіркою і місцевою комісією.

- 11) До роботи з електро- і пневмоінструментом допускаються особи, що пройшли спеціальне навчання. Ремонт інструменту на ходу, робота з приставних сходів і драбин, передача інструменту іншим особам не дозволяється
- 12) Робота на заточних верстатах з абразивними кругами без запобіжних кожухів і захисних екранів не дозволяється. Встановлення і випробування кругів необхідно доручати спеціально навченим робітникам. Під час виконання свердловальних робіт деталі необхідно надійно кріпити до стола свердлильного верстату.
- 13) Електродвигуни, електроінструмент, кожухи вимикальної апаратури, їх огороження і зварювальні трансформатори повинні приєднуватись до захисного заземлення і регулярно перевірятись на відсутність замикання на корпус. Заміна запобіжників та електроламп дозволяється тільки електрикам.
- 14) Ацетиленові та кисневі станції і трубопроводи необхідно будувати за проектами та експлуатувати у відповідності із «Правилами газоплазмової обробки металів», в тому числі не допускати: вогневих робіт на відстані до 10 м до пересувних ацетиленових генераторів і 5 м до газових балонів, виконання робіт без приєднання водяних затворів або з одним затвором на два-три зварювальних пости, перевезення газових балонів у необладнаних автомобілях, перенесення їх без носилок, підйому на висоту без контейнерів.
- 15) Не допускається експлуатація електричних кабелів і проводів, а також газових шлангів з пошкодженою або відсутньою ізоляцією. Перетин електричних проводів і газових шлангів не дозволяється. В металевих ємностях (циліндрах, баках тощо), на струмопровідних підлогах і металевих поверхнях дозволяється для освітлення застосовувати переносні безпечні лампи лише заводського виготовлення з захисною сіткою напругою не вище 12 В. під час монтажу турбоустановок можна застосовувати механізований інструмент тільки з напругою 36 В.
- 16) Підключення зварювальних апаратів до електромережі і мережі захисного заземлення дозволяється тільки електрикам. Електрозварювальники повинні працювати в одязі з вогнестійким просоченням, в закритому взутті, з захисним шлемами, у рукавицях. Електроприхватка і різка металів повинна виконуватись спеціально навченим персоналом. Забороняються електрозварювальні роботи на відкритому повітрі під час дощу і снігу без захисних піддашків. забороняється виконувати електро- і газозварювальні роботи на мастилопроводах, після того як у бак залите мастило. Для проведення таких робіт відповідна ділянка мастилопроводу повинна бути демонтована.
- 17) Забороняється кріпити талі, лебідки, блоки за трубопроводи. Кріплення їх за будівельні колони, ферми, балки дозволяється лише із дозволу головного інженера монтажної ділянки або будівельної органі-

зації. Вантажопідйомні операції можуть виконуватись тільки спеціально навченим персоналом. Із зони піднімання і спуску вантажу люди повинні бути видалені на безпечну відстань перед початком даної операції. Кінцеві вимикачі і обмежувачі піднімання вантажопідйомних механізмів повинні бути завжди у справному стані.

- 18) Небезпечні і особливо небезпечні роботи (на висоті, в трубопроводах, посудинах, з вогнебезпечними рідинами тощо) за переліком, затвердженим головним інженером монтажної ділянки, необхідно виконувати за спеціальними нарядами-допусками.
- 19) Необхідно дотримуватись заходів пожежної безпеки. Необхідно захищати дерев'яні конструкції, риштування тощо, а також мастило, газопроводи, мастилобаки від зварних іскор, оберігати кисневі балони і апаратуру від різних мастил і не виконувати вогневі роботи поблизу водневих установок, балонів і генераторів з водневим охолодженням. Вогневі роботи повинні виконуватись тільки з дозволу пожежної охорони. Промаслені кінці і відпрацьований обтирочний матеріал до видалення із приміщення потрібно зберігати в металевих ящиках з кришкою. Необхідно проявляти особливу обережність під час роботи з нітрофарбами, ацетиленом, бензином та іншими небезпечними рідинами. Робочі місця повинні бути обладнані необхідним протипожежним інвентарем (вогнегасники, гідранти, пожежні рукави, ящики з піском тощо).
- 20) Під час встановлення деталей на місце необхідно направляти їх не руками, а відповідним інструментом. Співпадання отворів у фланцях та інших деталях потрібно перевіряти конусними оправками, але не пальцями.
- 21) Під час гідравлічних випробовувань обладнання і його арматури забороняється знаходитись навпроти фланцевих з'єднань.
- 22) Забороняється розбирати обладнання для його перевірки або виправлення дефектів до повного зняття тиску пари або води. Перед роботою переконатись у тому, що спускні вентиля відкриті.

3.4 Приклади розв'язання задач

Задача 3.1. Визначити тривалість виконання робіт із монтажу трьох відцентрових насосів з електродвигунами (маса кожного 85 кг), якщо витрата часу робітників-будівельників $N_{\text{ч}} = 24,52$ люд.-год (вимірник 1 насос), 1 роботу виконують $n = 2$ монтажники (середній розряд – 3,7).

Розв'язання

1. Визначаємо об'єм робіт. Оскільки за нормативними даними вимірником є 1 насос, а на об'єкті встановлюється 3 насоси, тому об'єм робіт дорівнюватиме $V = 3$.

2. Кількість годин у зміні за Трудовим законодавством України становить $V = 8$ год.

3. Трудомісткість монтажних робіт за формулою (3.1)

$$Q = V \cdot N_{\text{ч}} / V = 3 \cdot 24,52 / 8 = 9,195 \text{ (люд.-діб)}.$$

4. Тривалість виконання робіт із монтажу за (3.2)

$$T = Q / n = 9,195 / 2 = 4,6 \text{ (діб)}. \quad (3.2)$$

Задача 3.2. Визначити трудомісткість виконання робіт із прокладання $L = 200$ м повітропроводів діаметром 150 мм із оцинкованої сталі класу Н, якщо витрата часу робітників $N_{\text{ч}} = 301,07$ люд.-год (вимірник 100 м² поверхні повітропроводів), а середній розряд робіт – 3,2.

Розв'язання

1. Площа поверхні повітропроводів

$$F = \pi \cdot d \cdot L = 3,14 \cdot 0,15 \cdot 200 = 94,2 \text{ (м}^2\text{)}.$$

2. Визначаємо об'єм робіт. Оскільки за нормативними даними вимірником є 100 м² поверхні повітропроводів, а на об'єкті прокладається 94,2 м² повітропроводів насоси, тому об'єм робіт дорівнюватиме

$$V = 94,2 / 100 = 0,942.$$

3. Кількість годин у зміні за Трудовим законодавством України становить $V = 8$ год.

4. Трудомісткість монтажних робіт за формулою (3.1)

$$Q = V \cdot N_{\text{ч}} / V = 0,942 \cdot 301,07 / 8 = 35,45 \text{ (люд.-діб)}.$$

3.5 Завдання для самостійного роботи студентів

Задача 3.3. Визначити тривалість виконання робіт із монтажу двох ємкісних підігрівників гарячого водопостачання місткістю 1,5 м³, якщо витрата часу робітників $N_{\text{ч}} = 38,66$ люд.-год (вимірник – 1 підігрівник), якщо роботу виконують 3 монтажники (середній розряд – 3,7).

Задача 3.4. Визначити трудомісткість виконання робіт із монтажу 25 метрів сталевих трубопроводів $d_y 50$ із зварними стиками і фланцевими з'єднаннями, якщо витрата часу робітників $N_{ч} = 410,2$ люд.-год, (вимірник – 1 т), маса 1 м труби складає 4 кг (середній розряд – 3,7).

Задача 3.5. Визначити трудомісткість виконання робіт із монтажу 7 сталевих фланцевих вентилів $d_y 65$, якщо витрата часу робітників $N_{ч} = 64$ люд.-год (вимірник – 10 шт.).

Задача 3.6. Визначити трудомісткість виконання робіт із прокладання $L = 30$ м повітропроводів діаметром 250 мм із листової сталі товщиною 1 мм, якщо витрата часу робітників $N_{ч} = 338,3$ люд.-год (вимірник 100 м² поверхні повітропроводів), а середній розряд робіт – 3,2.

Задача 3.7. Визначити тривалість виконання робіт із монтажу чотирьох циклонів ЦН-11-630х1УП(маса циклона 578 кг), якщо витрата часу робітників $N_{ч} = 384,2$ люд.-год (вимірник – 10 циклонів), якщо роботу виконують 3 монтажники (середній розряд – 3,7).

Задача 3.8. Визначити тривалість виконання робіт із монтажу трьох чавунних опалювальних котлів на твердому паливі потужністю 50 кВт (маса котла 485 кг), якщо витрата часу робітників $N_{ч} = 41,68$ люд.-год (вимірник – 1 котел), а роботу виконують 3 монтажники (середній розряд робіт – 4,4).

3.6 Контрольні запитання

1. Поясніть, як визначається трудомісткість виконання монтажних робіт.
2. Поясніть порядок розробки календарного плану виконання монтажних робіт.
3. Поясніть, як визначають під час розробки календарного плану тривалість виконання монтажних робіт.
4. Поясніть, які дані є вихідними для розробки календарного плану.
5. Поясніть, з яких частин складається календарний план виконання монтажних робіт і яким чином вони заповнюються.
6. Опишіть, яким чином розраховується склад ланки для виконання монтажних робіт.
7. Якими техніко-економічними показниками оцінюється календарний план виконання монтажних робіт?
8. Поясніть, які документи відносяться до здавальної документації.
9. Яка документація передається монтажною організацією замовнику перед здаванням об'єкту в експлуатацію?
10. Як проводять здавальні випробування нагнітального обладнання?

11. Яка документація передається монтажною організацією замовнику при здаванні в експлуатацію технологічних трубопроводів?
12. Які документи містить свідоцтво про виготовлення вузлів та монтажу трубопроводів?
13. Як виконують пуск обладнання під тиском?
14. Поясніть, які вимоги до працівників перед допуском до монтажних робіт.
15. Яка періодичність перевірки знань правил з техніки безпеки інженерно-технічними працівниками і робітниками.
16. Поясніть, які засоби можуть використовуватися при роботах на висоті більше 1,5 м.
17. Поясніть, які працівники допускаються до робіт на висоті більше 1,5 м.
18. Поясніть, які заходи обов'язково виконуються під час роботи електроінструмента.
19. Поясніть, за яких умов дозволяється виконувати електрозварювальні роботи під час опадів.
20. Поясніть, в яких місцях дозволяється проводити електрозварювальні роботи.
21. Поясніть, які роботи дозволяється виконувати лише за спеціальними нарядами-допусками.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б А.2.4-12:2009. Правила виконання робочої документації тепломеханічних рішень котелень. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2009. 16 с. (Система проектної документації для будівництва).
2. ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Основні вимоги до проектної та робочої документації. [Чинний від 2009-01-21]. Вид. офіц. Київ, 2009. 57 с. (Система проектної документації для будівництва).
3. ДСТУ Б А.2.4-11:2009. Правила виконання ескізних креслень загальних видів нетипових виробів. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2009. 11 с. (Система проектної документації для будівництва).
4. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2016-05-05]. Вид. офіц. Київ, 2016. 46 с. (Державні будівельні норми України).
5. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12). [Чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2012. 116 с. (Система стандартів безпеки праці).
6. ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2008. 34 с. (Система надійності та безпеки в будівництві).
7. Персион А.А. Монтаж трубопроводов. Справочник рабочего /А. А. Персион, К.А. Гарус. - К.: Будівельник, 1987. – 208 с.
8. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. [Чинний від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ, 2014. 33 с. (Державні будівельні норми України).
9. Монтаж отопительно-производственных котельных установок / В. А. Березнев и др., под ред. Е.В. Грузинова. Москва: Стройиздат, 1980. 520 с. (Справочник монтажника)
10. ДСТУ EN 12385-4:2017. Канати сталеві дротяні. Безпека. Частина 4. Канати подвійного звивання для загального підйимального застосування. [Чинний від 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ, 2017. 28 с. (Державний стандарт України).
11. ГОСТ 30055-93 Канаты из полимерных материалов и комбинированные. Технические условия. С изменением № 1. [Чинний від 1997-01-01]. Изд. офиц. Минск, 1993. 76 с. (Межгосударственный стандарт).
12. ДНАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідйимальних кранів, підйимальних пристроїв і відповідного обладнання. [Чинний від 2018-02-27]. Вид. офіц. Київ, 2018. 246 с.
13. Днепров Ю. В., Смирнов Д. Н., Франштейн М. С. Монтаж котельных установок малой и средней мощности: учеб. для сред. ПТУ. Москва: Высшая школа, 1985. 272 с.

14. Кичигин Н. Н. Такелажные работы: учеб. пос. для подготовки рабочих на производстве. Москва: Высшая школа, 1975. 240 с.
15. Молоканов Ю. К., Харас З. Б. Монтаж аппаратов и оборудования для нефтяной и газовой промышленности. Москва: Недра, 1982. 391 с.
16. Михальченко А.И., Марченко В. Г., Ходяков В. И. Монтаж криогенного оборудования. Москва: Стройиздат, 1979. 203 с.
17. Невейкин В.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок. Москва: Агропромиздат, 1989. 287 с.
18. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. [Чинний від 2009-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2009. 78 с. (Основи та фундаменти будинків та споруд).
19. Игнатъев В. Г., Самойлов А. И. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильного оборудования. Москва: Агропромиздат, 1986. 232 с.
20. Этус А. Е. Монтаж отопительных котельных. Москва: Стройиздат, 1989. 272 с.
21. Резник Г. В., Бордюков А. П. Монтаж водогрейных котлов. Москва: Энергия, 1980. – 96 с.
22. Новиков В. А. Технология производства монтажа паровых и газовых турбин : учеб. пос. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ, 2005. 670 с.
23. Гайдамак К. М., Тыркин Б. А. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности. Москва: Высшая школа, 1974. 286 с.
24. Тыркин Б. А. Монтаж холодильных установок. Москва: Стройиздат, 1986. 183 с.
25. Справочник монтажника тепловых и атомных электростанций: технология монтажных работ / под ред. В. П. Банника, Д. Я. Винницкого. Москва: Энергоатомиздат, 1983. 880 с.
26. Монтаж, эксплуатация и сервис систем вентиляции и кондиционирования воздуха: Учебн.-справ. пособие / Бурцев С. И. и др., под ред. В. Е. Минина. Санкт-Петербург: Профессия, 2005. 376 с.
27. Краснов Ю. С. Справочник молодого рабочего по изготовлению и монтажу вентиляционных систем. Москва: Высшая школа, 1989. 224 с.
28. Харланов С. А., Степанов В. А. Монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Москва: Высшая школа, 1991. 264 с.
29. НПА ОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. [Чинний від 2018-04-10]. Вид. офіц. Київ, 2018. 45 с.
30. Алабаков Б. В., Банник В. П., Резников Б. И. Монтаж и наладка турбоагрегатов и вспомогательного оборудования машинного зала. Москва: Энергия, 1976. 208 с.
31. Тавастшерна Р. И. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов: учеб. для техникумов. Москва: Стройиздат, 1986. 286 с.

32. ДСТУ Б.А.2.4-8:2009 Умовні графічні зображення і позначки елементів санітарно-технічних систем . [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2009. 13 с. (Система проектної документації для будівництва).
33. Дымовые трубы / Ельшин А. М., Ижорин М. Н., Жолудов В. С., Овчаренко Е. Г.; под ред. С. В. Сатьянова. Москва: Стройиздат, 2001. 296 с.
34. Очиров В. С. Организация строительного-монтажных работ. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 84 с.
35. ДСТУ Б Д.2.2-20:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Вентиляція та кондиціонування повітря (Збірник 20). – [Чинний від 2014-01-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 70 с.
36. ДСТУ Б Д.2.3-7:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж компресорних установок, насосів і вентиляторів (Збірник 7) – [Чинний від 2014-01-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 45 с.
37. ДБН Д.2.3-6-99. Збірник 6. Теплосилове обладнання. – К.: Держстандарт України, 2000. – 165 с.
38. ДСТУ Б Д.2.2-26:2016. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Теплоізоляційні роботи (Збірник 26). - [Чинний від 2016-08-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 83 с.
39. ДСТУ Б Д.2.3-12:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж технологічних трубопроводів (Збірник 12). – [Чинний від 2014-01-01]. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 70 с.
40. ДСТУ Б Д.2.4-15:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Внутрішні сантехнічні роботи (Збірник 15). – К.: Держстандарт України, 2012. – 106 с.
41. ДСТУ Б.А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва об'єктів . [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2014. 30 с. (Національний стандарт України).

Додаток А

Таблиця А1 – Мінімальні коефіцієнти використання канатів Z_p [12]

| Група класифікації механізму | | Рухомі канати | Нерухомі канати |
|------------------------------|---------------|---------------|-----------------|
| за ГОСТ 25835 | за ISO 4301/1 | Z_p | |
| 1М | М1 | 3,15 | 2,5 |
| 1М | М2 | 3,35 | 2,5 |
| 1М | М3 | 3,55 | 3,0 |
| 2М | М4 | 4,00 | 3,5 |
| 3М | М5 | 4,50 | 4,0 |
| 4М | М6 | 5,60 | 4,5 |
| 5М | М7 | 7,10 | 5,0 |
| 6М | М8 | 9,00 | 5,0 |

Таблиця А.2 – Мінімальні коефіцієнти Z_p використання канатів для стрілових самохідних кранів [12]

| Група класифікації крана за ГОСТ 27553 (ІСО 4301/2) * | Рухомі канати | | | | | | Нерухомі канати | | |
|---|------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|-----------------|----------------------|-----------------|
| | Підймання вантажу | | Підймання, опускання стріли | | Під час зміни довжини стріли | | Під час монтажу | Під час експлуатації | Під час монтажу |
| | Група класифікації механізму | Z_p | Група класифікації механізму | Z_p | Група класифікації механізму | Z_p | Z_p | Z_p | Z_p |
| А1 | М3 | 3,55 | М2 | 3,35 | М1 | 3,15 | | | |
| А3 | М4 | 4,00 | М3 | 3,55 | М2 | 3,35 | 3,05 | 3,0 | 2, |
| А4 | М5 | 4,50 | М3 | 3,55 | М1** | 3,15 | | | 73 |

* Для автомобільних кранів вантажопідймальністю до 16 т включно приймається група класифікації А3

** Без вантажу

Таблиця А.3 – Технічні характеристики канатів для підйомно-транспортних машин з органічним осердям (6×36(1+7+7/7+14)+FE)

| Діаметр канату, мм | Орієнтовна маса 1000 м змащеного канату, кг | Маркувальна група, Н/мм ² | | | |
|--------------------|---|--------------------------------------|------------|------------------------------|------------|
| | | 1570 | | 1770 | |
| | | Розривне зусилля, кН, не менше | | | |
| | | Сумарне всіх дротів в канаті | Мінімальне | Сумарне всіх дротів в канаті | Мінімальне |
| 8,0 | 243,2 | - | - | 44,5 | 37,3 |
| 9,0 | 307,8 | 49,9 | 41,9 | 56,3 | 47,3 |
| 10,0 | 380,0 | 61,6 | 51,8 | 69,5 | 58, |
| 11,0 | 459,8 | 74,6 | 62,6 | 84,1 | 70,6 |
| 12,0 | 547,0 | 88,8 | 74,4 | 100,0 | 84,0 |
| 13,0 | 643,0 | 104,0 | 87,4 | 117,0 | 98,3 |
| 14,0 | 745,0 | 121,0 | 101,0 | 136,0 | 114,0 |
| 16,0 | 973,0 | 158,0 | 133,0 | 178,0 | 149 |
| 18,0 | 1230,0 | 200,0 | 168,0 | 225,0 | 189 |
| 20,0 | 1520,0 | 247,0 | 203,0 | 278,0 | 234 |
| 22,0 | 1840,0 | 298,0 | 250,0 | 336,0 | 282 |
| 24,0 | 2190,0 | 355,0 | 298,0 | 400,0 | 336 |
| 26,0 | 2570,0 | 417,0 | 340,0 | 470,0 | 395 |
| 28,0 | 2980,0 | 483,0 | 405,0 | 545,0 | 458 |
| 32,0 | 3890,0 | 631,0 | 530,0 | 712,0 | 598 |
| 36,0 | 4930,0 | 799,0 | 670,0 | 901,0 | 757 |
| 40,0 | 6080,0 | 986,0 | 828,0 | 1110,0 | 934 |
| 44,0 | 7360,0 | 1190,0 | 1000 | 1350,0 | 1130 |
| 48,0 | 8760,0 | 1420,0 | 1190,0 | 1600,0 | 1350 |
| 52,0 | 10300,0 | 1670,0 | 1400,0 | 1880,0 | 1580 |
| 56,0 | 11900,0 | 1930,0 | 1620,0 | 2180,0 | 1830 |
| 58,0 | 12784,0 | 2073,0 | 1741,3 | 2337,0 | 1963,1 |
| 60,0 | 13681,0 | 2218,4 | 1863,5 | 2501,0 | 2100,8 |
| 62,0 | 14608,0 | 2368,8 | 1989,8 | 2670,5 | 2243,2 |
| 64,0 | 15566,0 | 2524,1 | 2120,2 | 2845,6 | 2390,3 |
| 66,0 | 16554,0 | 2684,3 | 2254,8 | 3026,2 | 2542,0 |

Таблиця А.4 – Технічні характеристики канатів для розтяжок з металевим осердям (6×36(1+7+7/7+14)+ 7×7 (1+6))

| Діаметр канату, мм | Орієнтовна маса 1000 м змащеного канату, кг | Маркувальна група, Н/мм ² | | | |
|--------------------|---|--------------------------------------|------------|------------------------------|------------|
| | | 1570 | | 1770 | |
| | | Розривне зусилля, кН, не менше | | | |
| | | Сумарне всіх дротів в канаті | Мінімальне | Сумарне всіх дротів в канаті | Мінімальне |
| 8,0 | 267,5 | - | - | 51,6 | 40,3 |
| 9,0 | 338,6 | 57,9 | 45,3 | 65,3 | 51,1 |
| 10,0 | 418,0 | 71,5 | 55,9 | 80,6 | 63,0 |
| 11,0 | 505,8 | 86,5 | 67,6 | 97,5 | 76,3 |
| 12,0 | 602,0 | 103,0 | 80,6 | 116,0 | 89,9 |
| 13,0 | 707,0 | 121,0 | 94,6 | 136,0 | 106,0 |
| 14,0 | 820,0 | 140,0 | 109,0 | 158,0 | 124,0 |
| 16,0 | 1070,0 | 183,0 | 143,0 | 206,0 | 161,0 |
| 18,0 | 1350,0 | 232,0 | 181,0 | 261,0 | 204,0 |
| 20,0 | 1670,0 | 286,0 | 221,0 | 323,0 | 252,0 |
| 22,0 | 2020,0 | 346,0 | 271,0 | 390,0 | 304,0 |
| 24,0 | 2410,0 | 412,0 | 322,0 | 464,0 | 363,0 |
| 26,0 | 2830,0 | 483,0 | 378,0 | 545,0 | 425,0 |
| 28,0 | 3280,0 | 561,0 | 438,0 | 632,0 | 493,0 |
| 32,0 | 4280,0 | 732,0 | 571,0 | 826,0 | 644,0 |
| 36,0 | 5420,0 | 927,0 | 724,0 | 1040,0 | 816,0 |
| 40,0 | 6690,0 | 1140,0 | 894,0 | 1290,0 | 983,0 |
| 44,0 | 8100,0 | 1380,0 | 1080,0 | 1560,0 | 1220,0 |
| 48,0 | 9640,0 | 1650,0 | 1290,0 | 1860,0 | 1450,0 |
| 52,0 | 11300,0 | 1930,0 | 1510,0 | 2180,0 | 1710,0 |
| 56,0 | 13100,0 | 2240,0 | 1750,0 | 2530,0 | 1980,0 |
| 58,0 | 14062,0 | 2404,7 | 1880,7 | 2711,0 | 2120,3 |
| 60,0 | 15048,0 | 2573,4 | 2012,6 | 2901,2 | 2269,0 |
| 62,0 | 16068,0 | 2747,8 | 2149,0 | 3097,8 | 2422,8 |
| 64,0 | 17122,0 | 2927,9 | 2289,9 | 3300,9 | 2581,6 |
| 66,0 | 18209,0 | 3113,8 | 2435,3 | 3510,4 | 2745,5 |

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Умовні графічні зображення обладнання, елементів загального застосування, трубопровідної арматури [32]

| Найменування | Зображення |
|---|---|
| Фільтр |  |
| Підігрівник |  |
| Охолоджувач |  |
| Теплоутилізатор |  |
| Зволожувач повітря |  |
| Конденсатовідвідник |  |
| Бак відкритий під атмосферним тиском |  |
| Бак закритий з тиском вище атмосферного |  |
| Бак закритий з тиском нижче атмосферного |  |
| Форсунка |  |
| Насос відцентровий |  |
| Насос струминний (ежектор, інжектор, елеватор) |  |
| Вентилятор радіальний |  |
| Вентилятор осьовий |  |
| Вентиль (клапан) запірний прохідний |  |
| Вентиль (клапан) триходовий |  |
| Вентиль (клапан) регулюючий прохідний |  |
| Клапан зворотний прохідний (рух спрямований від білого трикутника до чорного) |  |
| Клапан запобіжний прохідний |  |
| Клапан дросельний |  |
| Засувка |  |
| Кран прохідний |  |
| Кран триходовий (загальне зображення) |  |
| Водомір |  |
| Грязьовик |  |
| Ділянка трубопровода ізольована |  |
| Ділянка трубопровода в трубі (футлярі) |  |
| Компенсатор П-подібний |  |

*Електронне навчальне видання
комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимах*

**Степанова Наталія Дмитрівна
Степанов Дмитро Вікторович**

МОНТАЖ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Навчальний посібник

Рукопис оформлено *Н. Степановою*

Редактор *О. Ткачук*

Оригінал-макет виготовлено *О. Ткачуком*

Підписано до видання 16.06.2022 р.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2022-036.

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,

Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

Тел. (0432) 65-18-06.

press.vntu.edu.ua;

Email: irvc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.