

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА «ОБЛАДНАННЯ ВИДОБУВНИХ ТА ПЕРЕРОБНИХ
КОМПЛЕКСІВ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання курсового проекту
з дисципліни «Основи розробки технологічного обладнання»
для студентів денної та заочної форми навчання
спеціальності 133 Галузеве машинобудування

Покровськ - 2019

УДК
ББК

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Основи розробки технологічного обладнання» для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування авторів Костіної О.Д., Кутняшенко І.В., Топорова А.А., Трет`якова П.В., Алексєєвої О.Є., Боровльова В.М. - Покровськ, ДонНТУ, 2019. - 37 с.

У методичних вказівках розглянуто обсяг і зміст курсового проекту з дисципліни «Основи розробки технологічного обладнання» для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форми навчання. Надано рекомендації щодо виконання розрахунків, оформлення пояснювальної записки і креслень.

Укладачі: Костіна О.Д., доц., к.т.н., доц.
Кутняшенко І.В., доц., к.т.н., доц.
Топоров А.А., зав. кафедри ОВПК, к.т.н., доц.
Трет`яков П.В., доц., к.т.н., доц.
Алексєєва О.Є., доц., к.т.н., доц.
Боровльов В.М., асистент

Рецензент: Кутняшенко О.І., к.т.н., доцент каф. ПД

Відповідальний за випуск
завідувач кафедри ОВПК, к.т.н., доц.

А.А.Топоров

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ, протокол № _____
від _____

Розглянуто на засіданні кафедри «Обладнання видобувних та переробних комплексів» протокол № 11 від 22.05.19.

© Донецький національний технічний університет, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗМІСТ ТА ОБСЯГ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	5
2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ І КРЕСЛЕНЬ	5
2.1 Загальні вимоги до оформлення пояснювальної записки	5
2.2 Реферат	7
2.3 Зміст	7
2.4 Вступ і висновки	8
2.5 Перелік посилань	8
2.6 Графічна частина курсового проекту	8
3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ	10
3.1 Вибір вихідних даних	10
3.2 Попередні розрахунки	10
3.3 Розрахунки на міцність основних елементів апарату	11
3.3.1 Розрахунок апарату, що працює під внутрішнім тиском	11
3.3.2 Розрахунок апарату, що працює під зовнішнім тиском	12
3.3.3 Розрахунок міцності рубашки обігріву	12
3.3.4 Прийняття остаточного рішення	12
3.4 Вибір фланців і перевірка міцності болтів	12
3.5 Вибір опор	14
3.6 Вибір стропувальних пристроїв	15
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	15
ДОДАТОК А Зразок титульного листу	17
ДОДАТОК Б Приклад реферату	18
ДОДАТОК В Приклад змісту	19
ДОДАТОК Д Зразок оформлення посилань в переліку джерел	20
ДОДАТОК Ж Зразок переліку зауважень нормоконтролера	21
ДОДАТОК К Приклад оформлення текстової частини	22
ДОДАТОК Л Приклад складання специфікації	24
ДОДАТОК М Довідкові дані, необхідні для розрахунку апарату	25
ДОДАТОК Н Основні типи фланців	30
ДОДАТОК П Основні приєднувальні розміри фланців	31
ДОДАТОК Р Опори вертикальних апаратів	33
ДОДАТОК С Стропувальні пристрої	36

..

ВСТУП

Курсовий проект з дисципліни «Основи розробки технологічного обладнання» є складовою частиною навчального процесу підготовки бакалаврів з галузевого машинобудування. Завданнями курсового проекту є:

- систематизація, розширення і закріплення знань по даній і загальнотехнічних дисциплінах;
- вироблення вміння постановки завдань на міцність, аналізу результатів і прийняття остаточного рішення;
- знайомство з нормативною літературою за профілем спеціальності;
- розвиток навичок ведення самостійної роботи;
- оволодіння прийомами оформлення отриманих результатів у вигляді креслень і пояснювальної записки.

Особливістю роботи є використання нормативних галузевих матеріалів.

Методичні вказівки розроблено відповідно до вимог кваліфікаційних характеристик бакалавра, призначено для надання допомоги студентам у виконанні і оформленні курсового проекту згідно з ДСТУ 3008:2015 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».

1 ЗМІСТ ТА ОБСЯГ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Об'єктом курсової роботи обрано апарат ємнісного типу, що містить корпус, днище, кришку, рубашку обігріву, фланці, опори і стропувальні пристрої (рис. 1.1). Позиції на рисунку відповідають специфікації (додаток Л).

Пояснювальна записка повинна включати наступні розділи:

- титульний лист (зразок див. додаток А);
- завдання на проектування;
- реферат (зразок див. додаток Б);
- зміст (зразок див. додаток В);
- вибір вихідних даних;
- попередні розрахунки;
- розрахунки на міцність основних елементів (корпус, рубашка обігріву);
- вибір фланців і перевірка міцності болтів;
- вибір опор і стропувальних пристроїв;
- висновки;
- перелік посилань (зразок оформлення див. додаток Д);
- додатки (обов'язковий додаток – додаток А - перелік зауважень нормоконтролера, зразок оформлення додаток Ж).

Загальний обсяг пояснювальної записки – 25 - 30 сторінок.

На аркуші графічної частини викреслюється загальний вигляд апарата з необхідними видами і розрізами.

Студент виконує роботу самостійно під керівництвом викладача і несе повну відповідальність за прийняті технічні рішення.

Захист проводиться шляхом доповіді перед комісією з двох-трьох викладачів.

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ І КРЕСЛЕНЬ

2.1 Загальні вимоги до оформлення пояснювальної записки

Текст пояснювальної записки виконують на листах формату А4 (210×297 мм), орієнтація сторінки - книжкова, для розміщення табличних даних, графіків, схем, рисунків при необхідності допускається альбомна орієнтація сторінки; в текстовому редакторі Microsoft Word, шрифтом Times New Roman розміром 14 через 1,5 міжрядкових інтервалу до тридцяти рядків на листі (вирівнювання по ширині).

Текст розміщується на листі з дотриманням таких розмірів полів: верхнє, нижнє - 20 мм, ліве – 25 мм, праве - 10 мм.

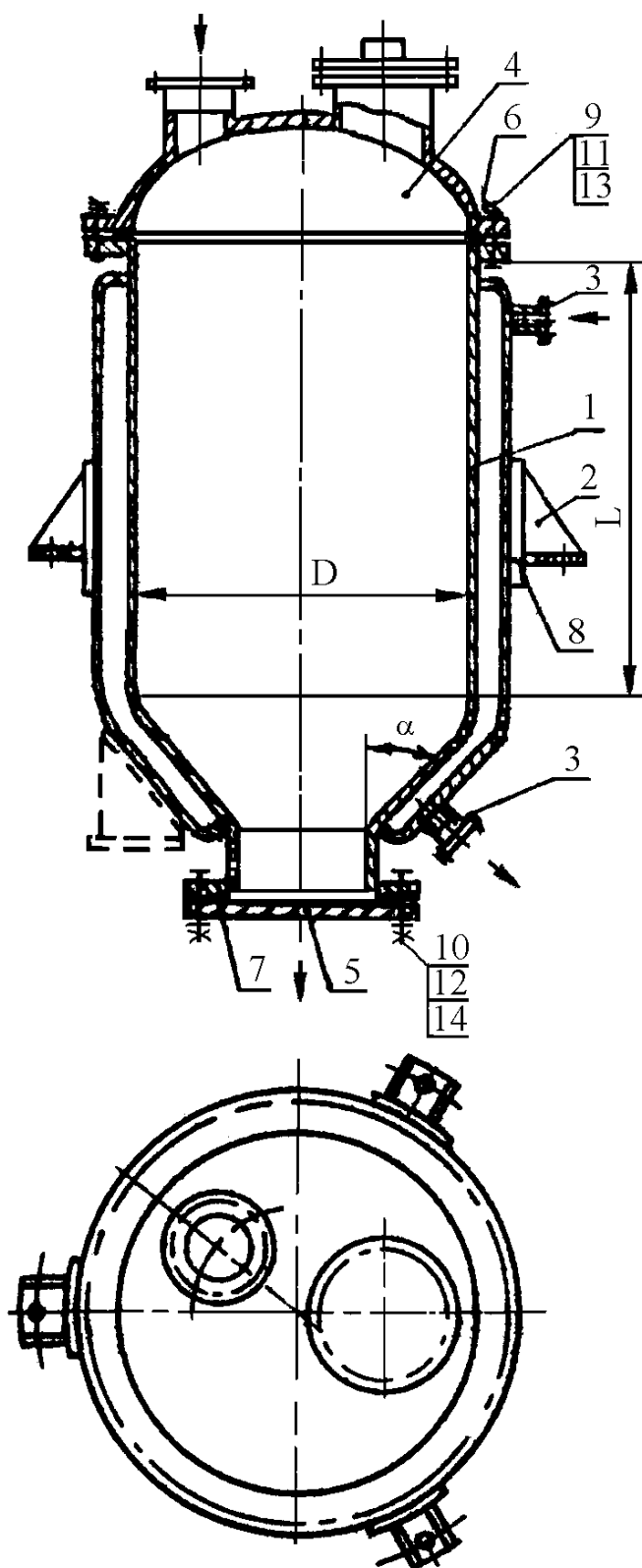


Рисунок 1.1 – Конструкція вертикального апарату
(позиції відповідають специфікації (додаток Л))

Абзацний відступ повинен бути однаковим по всьому тексту та мати наступний формат - відступ зліва і справа 0 мм; червоний рядок – 12,5 мм (п'ять знаків). Текст основної частини пояснювальної записки ділиться на розділи, підрозділи, пункти і підпункти відповідно до плану.

Заголовки структурних елементів роботи і розділів «РЕФЕРАТ», «ЗМІСТ», «ВСТУП», «1 ОГЛЯД...», «ВИСНОВКИ», «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ», «ДОДАТОК» та ін. друкують прописними буквами по центру рядка. Заголовки підрозділів друкують рядковими буквами (окрім першої прописної) з абзацного відступу (п'ять знаків) «1.1 Види...». Заголовки пунктів друкують рядковими буквами (окрім першої прописної) з абзацного відступу (п'ять знаків) «1.1.1 Аналіз...».

Перенесення слів в заголовках і підкреслення не допускаються. Крапка в кінці заголовка не ставиться. Якщо заголовок складається з двох або більш речень, їх розділяють крапкою. Відстань між заголовками (за винятком заголовка пункту), подальшим і попереднім текстом повинна бути рівною 1,5 інтервалу (одна порожня строчка). Не допускається розміщувати найменування розділу, підрозділу, пункту в нижній частині сторінки, якщо після нього розташований тільки один рядок тексту.

Кожну структурну частину і розділи пояснювальної записки необхідно починати з нової сторінки. Структурно кожен розділ повинен виражати цілком закінчену думку, включати постановку задачі розрахунку, докладний опис вироблених обчислень і висновки.

Формули і рівняння спочатку записують в загальному вигляді, а потім після пояснення і визначення значень вхідних величин - у вигляді, зручному для обчислення. Розрахунки проводять в системі СІ. При необхідності наводиться посилання на літературу, звідки запозичена формула, наприклад [6].

Текст записки повинен бути чітким і виразним. Допускаються тільки загальноприйняті скорочення слів. Розрахункові формули, малюнки, таблиці повинні мати нумерацію по розділах. Рисунки і таблиці повинні бути підписані і забезпечені поясненнями. Приклад оформлення тексту пояснювальної записки наведено в додатку К.

2.2 Реферат

Необхідним елементом пояснювальної записки курсового проекту є реферат, призначений для загального ознайомлення з його змістом. Реферат складають в певній послідовності (зразок див. додаток Б).

2.3 Зміст

Зміст розташовують після реферату на новій сторінці. Зміст повинен включати назви структурних елементів роботи, їх підрозділів і номери їх початкових сторінок, як показано в додатку В.

2.4 Вступ і висновки

У вступі ставиться загальне завдання розрахунку в зв'язку з роботою обладнання цеху та ін.

У висновках підводяться підсумки виконаної роботи і констатується факт розробки проекту апарату. Виділяються неочевидні рішення, прийняті по ходу проектування. Дається характеристика апарату і оцінюється ступінь відповідності вихідним даним.

2.5 Перелік посилань

До переліку посилань заносять всі джерела, на які посилаються в тексті пояснювальної записки (книги, довідники, нормативні документи). Послідовність відповідає черговості згадування по тексту. Зразок оформлення посилань наведено в додатку Д.

2.6 Графічна частина курсового проекту

Графічну частину курсового проекту виконують у відповідності до вимог «Єдиної системи конструкторської документації» [2].

Необхідно суворо дотримуватися розмірів формату, масштабу, повністю заповнювати штамп з усіма необхідними підписами.

Креслення необхідно позначати наступним чином (поле «Позначення»):

КП 133–19–XXX.00.00.000.СК

В позначенні:

КП – позначення виду проекту (курсний проект);

133 – шифр спеціальності «Галузеве машинобудування»;

19 – останні дві цифри року виконання курсового проекту;

XXX – останні три цифри номеру студентського білету;

00.00. – розряди для складальних одиниць;

000. – розряди для складальних одиниць і деталей (останні дві цифри);

СК – позначення коду креслення (ВЗ – креслення загального вигляду; СК – складальне креслення; ГК – габаритне креслення; МК – монтажне креслення; Сх – схема, 3D – 3D-модель).

Складальне креслення апарату є основним проектним документом, на якому повинна бути приведена вичерпна інформація про склад і призначення апарату, способи його виготовлення і контролю.

Складальне креслення повинне містити:

а) проекції, розрізи, перерізи, необхідні для повного уявлення про розташування і взаємозв'язок (способи з'єднання) елементів з даного кресленням, а також особливості складання і контролю (в межах однієї

складальної одиниці матеріал в розрізах штрихують однаково, незалежно від способу з'єднання);

б) виконавчі розміри, що характеризують взаємне розташування елементів і контрольовані в процесі складання з даного кресленням (установчі, посадочні);

в) довідкові розміри, які не підлягають контролю за даним кресленням і служать для додаткової інформації про виріб (позначаються знаком *). До числа довідкових розмірів відносяться:

- приєднувальні (розміри фланцевих з'єднань, розміри опорних і стропувальних пристроїв, посадочні розміри валів та ін.);
- характерні, показують основні розміри, наприклад, прохідний перетин, товщину стінки і т.п.;
- габаритні, показують максимальні розміри в даному напрямку;

г) номери позицій, що входять у виріб складальних одиниць, деталей і стандартних виробів;

д) таблицю штуцерів із зазначенням D_y , P_y і робочого середовища;

е) технічну характеристику (продуктивність, об'єм, тиск, робочу температуру, характерні швидкості тощо);

ж) технічні вимоги, що стосуються особливостей установки, регулювання та пуску в експлуатацію.

Особливу увагу необхідно приділити складанню специфікації (додаток І), яка необхідна для комплектування конструкторської документації, технічної підготовки та виготовлення виробу.

У специфікації наводять відомості про конструкторську документацію, складальні одиниці, деталі, стандартні вироби і матеріали. При складанні специфікації необхідно продумувати склад і послідовність складальних одиниць з урахуванням конкретного виробництва. Наприклад, корпус апарата може бути виготовлений спільно з конічним днищем, фланцями, рубашкою обігріву і таким подаватися на збірку апарату у вигляді окремої складальної одиниці. Логічно в специфікації показати його під першим номером.

При записі стандартних виробів першими наводять відомості про елементи кріплення в алфавітному порядку (болти, гвинти, гайки та ін.), узагальнюючи однойменні позиції. Рекомендується оптимально використовувати стандартні і покупні вироби, раціонально обмежувати номенклатуру стандартних виробів (розміри кріпильних елементів, швелерів і ін.).

Специфікації до складальних креслень виносять в пояснювальну записку (або, як виняток, поміщають на поле креслення).

Робочі креслення деталей повинні містити всі відомості, необхідні для виготовлення: відповідні види і розрізи, розміри з зазначенням допусків, класи шорсткості поверхні, відомості про термообробку, вимоги до зовнішнього вигляду і т.п.

3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

3.1 Вибір вихідних даних

У цьому розділі ставиться завдання курсового проекту, вибирають, описують і аналізують вихідні дані. Тут же необхідно призначити додаткові вихідні дані, пов'язані, наприклад, з наявністю парового обігріву, місцем розташування апарату та ін.

3.2 Попередні розрахунки

Попередні розрахунки включають визначення розмірів апарату і їх уточнення з урахуванням нормативних документів і умов експлуатації.

Наприклад, якщо задані об'єм апарату $V = 12,5 \text{ м}^3$ і довжина циліндричної частини $L = 3,2 \text{ м}$, необхідно визначити діаметр.

Розрахунок проводимо наближено, тобто на першому етапі не враховується обсяг кришки і конічної частини.

Діаметр апарату дорівнює:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi L}}, \quad (3.1)$$

де V – об'єм апарату;

L – довжина циліндричної частини корпусу апарату.

Підставляючи задані значення отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12,5}{3,14 \cdot 3,2}} = 2,22 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартний діаметр апарату 2,0 м (додаток М, табл. М.8). Циліндрична частина апарату може бути виготовлена шляхом зварювання декількох царг, звальцованих з листів стандартної ширини. Рекомендується застосовувати відповідну кількість листів стандартної ширини, щоб уникнути погіршення якості кромки в місці відрізання листа.

Уточнюємо отриманий об'єм апарату згідно формули:

$$V = V_{\text{ц}} + V_{\text{е}} + V_{\text{к}}, \quad (3.2)$$

де $V_{\text{ц}}$ – об'єм циліндричної частини;

$$V_{\text{ц}} = \frac{\pi D^2 L}{4}, \quad (3.3)$$

$V_{\text{е}}$ – об'єм еліптичної частини;

$$V_{\text{е}} = \frac{1}{32} \pi D^3, \quad (3.4)$$

$V_{\text{к}}$ – об'єм конічної частини;

$$V_k = \frac{1}{3} \frac{\pi D^2}{4} \frac{D}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (3.5)$$

де α - кут нахилу конічної частини днища.

Після прийняття стандартних значень діаметра і висоти апарату його об'єм може відрізнятись від номінального. В цьому випадку необхідно узгодження з замовником, чи припустимо це.

3.3 Розрахунки на міцність основних елементів апарату

Цей розділ є основним і включає розрахунки на міцність корпусу, рубашці обігріву, днища, кришки.

Кожен розрахунок складається з постановки задачі, обґрунтування розрахункової схеми, опису розрахункових формул, визначення допустимих напружень, розрахунку і прийняття остаточного рішення.

Наприклад, при розрахунку корпусу аналізують всі можливі випадки навантаження, що виникають при експлуатації (наявність одного з тисків - в апараті або в рубашці обігріву); і приймають рішення щодо порядку розрахунку. Розрахунок в цьому випадку ведуть як для апарату, який працює під внутрішнім тиском, визначають товщину стінки S , а потім перевіряють, чи витримає корпус такої товщини тиск, що діє з боку рубашки обігріву.

Допустимі напруження і модуль пружності залежать від марки сталі, температури і умов експлуатації (додаток М, табл. М.5). Допустимі напруження для сталей, що використовуються в хімічному машинобудуванні, визначають за формулою:

$$\sigma = \eta [\sigma], \quad (3.6)$$

де $[\sigma]$ - нормативне допустиме напруження, яке визначають по марці сталі і температурі (додаток М, табл. М.1, М2);

η - поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготівки, , набуває таких значень: для листового прокату $\eta = 1,0$; для виливків, що піддаються індивідуальному контролю $\eta = 0,8$; для виливків, що не піддаються індивідуальному контролю $\eta = 0,7$.

3.3.1 Розрахунок апарату, що працює під внутрішнім тиском

Цей вид розрахунку зводиться до визначення товщини стінки апарату, яка забезпечує його міцність при роботі.

Товщину стінки апарату S визначають за формулою:

$$S = \frac{P_{\text{розр}} D}{2[\sigma]\varphi - P_{\text{ап}}} + C, \quad (3.7)$$

де $P_{\text{розр}}$ - розрахунковий тиск, приймаємо $P_{\text{розр}} = P_{\text{ап}}$;

φ - коефіцієнт зварного шва; приймають згідно табл. М7 додатка М;

C - конструктивна прибавка:

$$C = C_1 + C_2 + C_3,$$

- C_1 - прибавка на корозію, мм; при швидкості корозії 0,1 мм/рік і розрахунковому терміні служби апарату 12 років $C_1 = 1,2$ мм;
- C_2 - прибавка на мінімальний допуск прокату, що залежить від розмірів листа. При середньому класі точності прокату $C_2 = 0,4$ мм ;
- C_3 - прибавка на округлення розмірів. Визначається як різниця між остаточно прийнятою стандартною величиною і величиною, отриманою при розрахунку.

3.3.2 Розрахунок апарату, що працює під зовнішнім тиском

Цей розрахунок виконується в кілька етапів. На першому етапі товщина стінки апарату оцінюється за спрощеною формулою (отриманої на основі формули Мізеса), що дає завищений результат:

$$S = 0,47 \frac{D}{100} \left(\frac{P_n}{E \cdot 10^{-6}} \frac{L}{D} \right)^{0,4} + C, \quad (3.8)$$

де E – модуль пружності, визначається для марки сталі при робочій температурі, МПа (додаток М, табл. М.6).

Якщо отримана товщина стінки набагато перевищує товщину стінки апарату, що працює під внутрішнім тиском, необхідно повторити розрахунок за формулою Мізеса або розглянути варіант установки ребер жорсткості для прийняття оптимального рішення.

3.3.3 Розрахунок міцності рубашки обігріву

Рубашка обігріву розраховується на міцність по внутрішньому тиску пара аналогічно розрахунку корпусу. Розрахунок зводиться до визначення товщини стінки за формулою (3.7). Діаметр рубашки обігріву приймають наступним зі стандартного ряду розмірів (тобто $D_p = D + 0,2$ м).

Після цього проводять перевірку міцності при утворенні вакууму в рубашці обігріву за формулою (3.8).

3.3.4 Прийняття остаточного рішення

Остаточне рішення щодо конструкції розраховується апарату приймають на основі результатів, отриманих в розділах 3.3.1 - 3.3.4 з урахуванням технологічності виготовлення та економічності. Прийняті розміри повинні відповідати стандартам. За прийнятими розмірами виконують креслення апарату з дотриманням ЄСКД і відповідних стандартів.

3.4 Вибір фланців і перевірка міцності болтів

Для вибору фланців потрібно визначити нормативні параметри: умовний діаметр D_y і умовний тиск P_y [8].

Під умовним діаметром розуміють номінальний діаметр отвору для проходу середовища. Стандартні значення умовних діаметрів наведені в додатку М, табл.М.8.

Під умовним тиском розуміють найбільший надмірний робочий тиск при температурі 20 °С. Умовні тиску по ГОСТ 356-68 утворюють ряд (МПа): 0,1; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,4; (8,0); 10,0; (12,5); 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 64,0; 80,0; 100,0.

У хімічному апаратобудуванні не рекомендується застосовувати арматуру з умовним тиском менше 1,0 МПа.

При визначенні умовного тиску необхідно враховувати матеріал апарату і температуру. Для цього спочатку по марці стали і робочій температурі визначають величину робочого тиску і відповідний йому умовний тиск (додаток М, табл. М.9).

При виборі фланців за величиною D_y і P_y для заданого типу фланця по ГОСТу визначають основні розміри, кількість і діаметр болтів. Міцність фланця вважається забезпеченою, проте додатково необхідно перевірити міцність болтів під дією високих температур.

Умова міцності болта:

$$\sigma = \frac{q}{f_b} \leq [\sigma], \quad (3.9)$$

де q - питоме навантаження на болт, МН;

f_b - площа поперечного перерізу болта (шпильки) по внутрішньому діаметру різі, мм² (додаток М, табл. М.5);

$[\sigma]$ - допустиме напруження для болтів (шпильок), МПа; визначається за (додаток М, табл. М.3).

Питоме навантаження на болт розраховують за формулою:

$$q = \frac{Q_{бр}}{n}, \quad (3.10)$$

де $Q_{бр}$ – розрахункове болтове навантаження, МН;

n - кількість болтів (шпильок).

У якості болтового навантаження приймають більше з двох значень:

$$Q_{бр} = \max \{Q_{бр1}; Q_{бр2}\}, \quad (3.11)$$

де $Q_{бр1}$ – навантаження, необхідне для забезпечення герметичності, МН;

$Q_{бр2}$ – навантаження на болт під дією внутрішнього тиску, МН.

Навантаження, необхідне для забезпечення герметичності в робочих умовах, розраховують за формулою:

$$Q_{бр1} = P_{кр} + P_{пр}, \quad (3.12)$$

де $P_{кр}$ – тиск на кришку, МПа;

$P_{пр}$ – реакція прокладки в робочих умовах, МПа.

Тиск на кришку розраховується за формулою:

$$P_{кр} = \frac{\pi D_{прс}^2}{4} P, \quad (3.13)$$

де $D_{пр\ c}$ – середній діаметр прокладки, мм;

P – розрахунковий тиск, МПа.

Реакція прокладки розраховується за формулою:

$$P_{пр} = \pi D_{пр\ c} b m P, \quad (3.14)$$

де b – розрахункова ширина прокладки, мм; рекомендується приймати $b = 15 - 25$ мм в залежності від ширини привалочної поверхні фланцю;

m – прокладочний коефіцієнт, який показує, у скільки разів тиск на прокладку має бути більше розрахункового тиску; для пароніту і фторопласту $m = 2,5$, для резини $m = 1$.

Навантаження на болт під дією внутрішнього тиску розраховують за формулою:

$$Q_{бр2} = \pi D_{пр\ c} b q, \quad (3.15)$$

де q – питомий тиск формування прокладки, МПа; для пароніту $q = 20$ МПа, для резини $q = 1,5$ МПа.

Якщо умова міцності не виконується, необхідно вибрати для болтів більш міцну при даній температурі сталь (додаток М, табл. М.3).

3.5 Вибір опор

Установка вертикальних апаратів на фундаменти або спеціальні несучі конструкції здійснюється за допомогою опор: на стійках, коли їх розміщують внизу в приміщенні, або на підвісних лапах, коли апарат розміщують між перекриттями в приміщенні.

Залежно від матеріалу і товщини стінки корпусу апарату опори приварюються або безпосередньо до корпусу, або до накладного листу.

Матеріал опор вибирається з умов експлуатації. Накладний лист приварюється до корпусу апарата суцільним швом. Якщо опори виконані з вуглецевої сталі, а апарат з корозійностійкої сталі, накладні листи повинні виконуватися зі сталі тієї ж марки, що і апарат.

Вибір опор здійснюють в залежності від умов установки апарату в цеху по величині навантаження на одну опору. Кількість опор і місце їх установки вибирають в залежності від умов розташування апарату в цеху. Для вертикальних апаратів цілком достатньо мати 3 опори, проте це не завжди зручно з точки зору підведення комунікацій. В цьому випадку встановлюють 4 опори.

Навантаження на одну опору, якщо не діють перекидні моменти, обчислюють за формулою:

$$Q = \lambda \frac{Q_{мет} + Q_{рід}}{z}, \quad (3.9)$$

де λ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність навантаження опор і залежать від кількості опор; для 2-3 опор $\lambda = 1$, для 4-х $\lambda = 1,3$;

$Q_{мет}$ – вага металу апарату, кН;

$Q_{рід}$ – вага рідини в апараті, кН;

z – кількість опор.

Вагу апарату можна обчислити підсумовуванням ваг його складових частин: циліндричної частини, конічної частини, рубашки обігріву і кришки:

$$Q_{\text{мет}} = Q_{\text{ц}} + Q_{\text{кон}} + Q_{\text{руб}} + Q_{\text{кр}}.$$

Вагу циліндричної частини можна визначити за обсягом металу:

$$Q_{\text{ц}} = \pi \cdot D_y \cdot L \cdot S \cdot \rho_{\text{мет}} \cdot g,$$

де $\rho_{\text{мет}}$ – щільність металу, кг/м^3 .

Для спрощення розрахунків можна вважати, що вага рубашки з патрубками і засобами кріплення апарату дорівнює 50 – 70 % ваги корпусу, а вага кришки і конічної частини разом становить 20 – 30 % ваги корпусу.

Вагу робочого середовища в апараті обчислюють для випадку його повного заповнення:

$$Q_p = V \cdot \rho_{\text{рід}} \cdot g,$$

де $\rho_{\text{рід}}$ - густина робочого середовища в апараті, кг/м^3 .

Знаючи навантаження на опору і діаметр апарату, здійснюють її вибір (додаток Р, табл.Р.1 або Р.3 в залежності від завдання) і визначають основні розміри.

При цьому враховується наступне:

- радіус посадкової поверхні опори приймається по діаметру апарату;
- для кожної опори рекомендований опорний накладний лист стандартних розмірів (додаток Р, табл.Р.2), матеріал листа відповідає матеріалу апарату.

5.3 Вибір стропувальних пристроїв

Апарат вертикального типу обов'язково забезпечують спеціальними пристроями, що служать для його стропування. Зазвичай для вертикальних апаратів застосовують стропувальні пристрої у формі вушок (додаток С, рис.С.1), які розташовують на кришці і корпусі апарату.

Розрахунок і вибір розмірів стропувальних пристроїв складається з розрахунку навантаження на один стропувальний пристрій і згідно цього навантаження вибирають основні розміри (додаток С, табл.С.1).

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваленко І.В., Малиновський В.В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв. - К.: Норіта-плюс, 2007.- 216 с.
2. Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки. - М.: Альфа-М, 2008. - 720 с.
3. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. - Л.: Машиностроение, 1981. - 382 с.

4. Конструирование и расчет машин химических производств / Ю.И.Гусев, И.Н.Карасев, Э.Э.Кольман-Иванов и др. - М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.
5. Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. М.: Высш.шк., 1978. – 272 с.
6. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи; Учеб. пособие / М.Ф.Михалев, Н.П.Третьяков, А.Н.Мильченко и др. - Л.: Машиностроение, 1984. - 301 с.

ДОДАТОК А
Зразок титульного листу пояснювальної записки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА «ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБЛЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
КОМПЛЕКСІВ»

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

з дисципліни «Основи розробки технологічного обладнання»

на тему: «Розрахунок циліндричного апарату»

Студента _____ курсу групи _____
напряму підготовки «Машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

(прізвище та ініціали)

Керівник _____Костіна О.Д._____

Національна шкала _____

Кількість балів: _____

Члени комісії:

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Покровськ – 2019

ДОДАТОК Б
Зразок виконання реферату

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 25 сторінок, 2 рисунки, 7 джерел, 1 додаток.

В курсовому проекті розраховано апарат об'ємом 8 м^3 , що працює під тиском 1,4 МПа. Апарат може бути використаний як проміжна ємність для зберігання хімічних продуктів. Обігрів паровий, робоча температура в корпусі апарату 150 °С. Положення апарату - вертикальне.

Виконано розрахунки основних розмірів корпусу апарату, рубашки обігріву; перевірена міцність апарату та жорсткість; були підібрані фланці згідно тиску і умовного діаметру та розраховані на міцність болти, підібрано опори та стропувальні пристрої.

ТОНКОСТІННИЙ АПАРАТ, ЄМКІСТЬ, РОБОТА ПІД ВНУТРІШНІМ
ТИСКОМ, МІЦНІСТЬ.

ДОДАТОК Д

Приклад змісту

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 Вихідні дані.....	5
2 Попередні розрахунки.....	6
3 Розрахунки на міцність основних елементів апарату.....	9
3.1 Розрахунок апарату, що працює під внутрішнім тиском	9
3.2 Розрахунок апарату, що працює під зовнішнім тиском	10
3.3 Розрахунок міцності рубашки обігріву	15
3.4 Прийняття остаточного рішення.....	16
4 Вибір фланців і перевірка міцності болтів	18
5 Вибір опор.....	22
6 Вибір стропувальних пристроїв.....	26
ВИСНОВКИ.....	28
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	29
ДОДАТОК А. Перелік зауважень нормоконтролера.....	30

ДОДАТОК Д

Зразок оформлення посилань в переліку джерел

Характеристика джерела	Приклад оформлення
Книги один автор	Крушельницька О.В. Методологія та організація наукових досліджень / О.В.Крушельницька. - К.: Кондор, 2006. – 206 с.
Два і більше авторів	Коваленко І.В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв /І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. - К.: Норіга-плюс, 2007. - 216 с.
Багатотомний документ	Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: в 3 т. / А.С. Тимонин. - Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2003. Т. 2. – 2003. – 884 с.
Матеріали конференцій	Топоров А.А. Перспективные направления совершенствования конструкций оборудования для сушки дискретных материалов / А.А.Топоров, А.И.Воропаева // Экологические проблемы промышленных мегаполисов : междунар. науч.-практ. конф., 30– 31 мая 2011 г. : сб. докл. - Донецк, 2011. – С. 219-226.
Законодавчі та нормативні документи	Експлуатація, порядок і терміни перевірки запобіжних пристроїв посудин, апаратів і трубопроводів теплових електростанцій : СОУ-Н ЕЕ 39.501:2007. – Офіц. вид. – К. : ГРІФРЕ: М-во палива та енергетики України, 2007. – VI, 74 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України. Інструкція).
Частина книги, періодичного, продовжуваного видання	Парфенюк А.С. О разрушении кладки коксовых батарей из крупных огнеупорных бетонных блоков и традиционных динасовых огнеупоров / А.С.Парфенюк, П.В.Третьяков, Е.Д.Костина // Кокс и химия. – 2004. – № 8. – С. 14-19.
Стандарти	Графічні символи, що їх використовують на устаткуванні. Показчик та огляд (ISO 7000:2004, IDT) : ДСТУ ISO 7000:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України 2006. – IV, 231 с. – (Національний стандарт України).
Авторські свідоцтва	А.с. 1738824 СССР, МКИ ⁴ С10В 7/00. Коксовая печь / А.С.Парфенюк, С.П.Веретельник, О.Н.Семенова, В.Г.Комолов, С.Н.Жажин (СССР) – № 4857192/26 : заявл. 06.08.90 ; опубл. 07.06.92, Бюл. № 21.
Патенти	Пат. 13893 А України. МКВ ⁴ 5 С10В 31/00. Завантажувальний пристрій печі безперервного коксування / О.С.Парфенюк, А.А.Топоров, С.П.Веретельник, І.В.Кутнященко, В.В.Поролов, О.Г.Колесніков; замовник та патентовласник Донецький державний технічний університет. – № 94096939; заявл. 13.09.94 ; опубл. 25.04.97, Бюл. № 2.
Електронні ресурси	Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті : (підсумки 10-ї Міжнар. конф. „Крим-2003”) [Електронний ресурс] / Л. Й. Костенко, А. О. Чекмарьов, А. Г. Бровкін, І. А. Павлуша // Бібліотечний вісник – 2003. – № 4. – С. 43. – Режим доступу : http://www.nbuv.gov.ua/articles/2003/03klinko.htm .

ДОДАТОК Ж

Зразок переліку зауважень нормоконтролера

ДОДАТОК А

Перелік зауважень нормоконтролера до курсового проекту
студента (ки) _____ групи _____

Позначення документа	Документ	Умовна відмітка	Зміст зауваження

Керівник: _____
(підпис, дата)Костіна О.Д.
(ПІБ)Нормоконтролер: _____
(підпис, дата)Костіна О.Д.
(ПІБ)Зав. кафедри: _____
(підпис, дата)Топоров А.А.
(ПІБ)

ДОДАТОК К

Приклад оформлення текстової частини роботи

З РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА

3.1 Розрахунок елементів сушального барабана на міцність і жорсткість

Розрахунок на міцність елементів сушальних апаратів з барабанами, що обертаються, виконують згідно з нормами і методам розрахунку на міцність корпусів, бандажів, роликів барабанних сушарок, виготовлених з вуглецевих і низьколегованих сталей (РД 2601-158).

...

Значення показника інтенсивності процесу сушіння наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Значення показника інтенсивності процесу сушіння A_v при різних вологості матеріалу, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$

Температура сушального газу на вході в барабан, °C	Вологість матеріалу W_0 , %		
	< 10	10 – 40	> 40
80...150	1...8	6...15	10...20
150...250	10...20	15...40	30...50
150...400	15...30	25...60	50...75
400...650	20...40	30...90	80...120
650...1000	30...60	50...100	80...180

Розрахункова схема сушильного барабану представлена на рис. 3.1

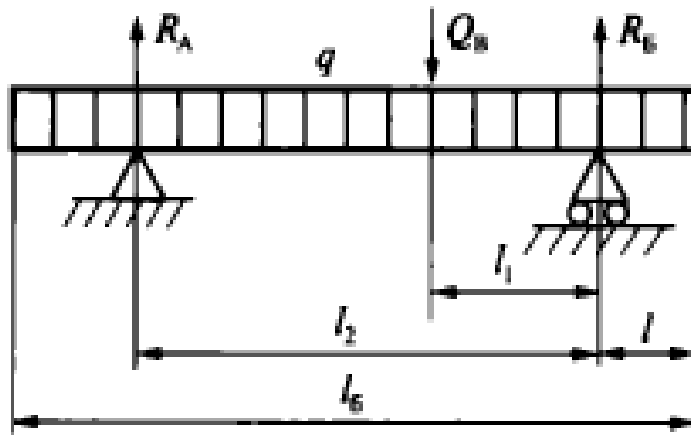


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема сушильного барабану

...

При розрахунку барабана на жорсткість знаходять сумарний максимальний прогин барабана від діючих навантажень:

$$y_{\max} = \frac{D_{\text{ср}}^3}{8 \cdot E \cdot J_x} \cdot (0,04 \cdot q_1 + 0,002 \cdot q_2).$$

(3.13)

де q_1 , q_2 - лінійні навантаження відповідно від маси оброблюваного матеріалу і від мас футеровки, насадки і барабана, Н/м;

E - модуль пружності матеріалу корпусу барабана при робочій температурі, МПа;

J_x - момент інерції одиничної кільцевої ділянки барабана, м³.

ДОДАТОК Л

Приклад складання специфікації

		Перв. примен.			Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		Формат	Зона	Поз.					
Справ. №		A2			КП 133-19.255.00.00.000. СК	Складальне креслення			
						Документация			
						Сборочные единицы			
		БК	1		КП 133-19.255.01.00.000.СК	Корпус	1		
		БК	2		КП 133-19.255.02.00.000.СК	Кришка	1		
Подп. и дата		БК	3		КП 133-19.255.03.00.000.СК	Опора	3		
		БК	4		КП 133-19.255.04.00.000.СК	Патрубок 100	2		
						Детали			
		БК	5		КП 133-19.255.00.00.001	Кришка 535	1		
		БК	6		КП 133-19.255.00.00.002	Прокладка 1675	1		
Взам. инв. №		БК	7		КП 133-19.255.00.00.003	Прокладка 450	1		
		БК	8		КП 133-19.255.00.00.004	Лист накладный	3		
						Стандартные изделия			
			9		Болт М24х110 ГОСТ 15589-70	20			
			10		Болт М27х200 ГОСТ 15589-70	76			
Подп. и дата			11		Гайка М24-6Н ГОСТ 15521-70	20			
			12		Гайка М27-6Н ГОСТ 15521-70	76			
			13		Шайба 24.37 ГОСТ 9649-78	20			
			14		Шайба 27.37 ГОСТ 9649-78	76			
Инв. № подл.		КП 133-19.255.00.00.000. СП							
		Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата				
		Разраб.	Костіна О. Д.			<div>Апарат</div> <div>ДонНТУ, каф. ОБПК</div> <div>група ГМБ-16</div>			
		Пров.							
		Н.контр.	Костіна О. Д.						
Утв.	Топаров А. А.								

Копировал
Формат А4

Номер групи	Марка сталі	ГОСТ, ТУ
1	Ст 3	380-71
2	Сталь 10	1050-74
3	Сталь 20, 20к	1050-74
4	09Г2С, 16ГС, 17ГС, 17Г1С	5520-79
5	12ХМ	ТУ 14-1-642-73
6	15ХМ, 12Х1МФ, 20Х5ВЛ	5632-72
7	15Х5М, 30Х3МВФ	5632-72
8	X18H10T, X18H12T, X17H13M3T, X17H13M2T	5632-72
9	12X18H10T, 10X17H13M2T, 10X18H9Л	5632-72

[illegible]

Таблиця М.3 - Допустимі напруження для болтів (шпильок) зі сталі різних марок в залежності від температури (ОСТ 26-373—78)

Розрахункова температура, °С	[σ], МПа для сталей марок							
	35; ВСт5	12Х18Н10Т; 10Х17Н13М2Т	45Х14Н13В2Н	35Х; 40Х, 38ХФ; 37Х12Н8Г8МФБ	25Х2МФА; 25Х1МФ	25Х2М1Ф	18Х12ВМБФР	20ХНФБР
20	130	110	160	230	230	230	230	230
100	126	105	150	230	230	230	230	230
200	120	98	138	225	225	225	230	225
250	107	95	132	222	220	220	225	220
300	97	90	126	220	215	215	220	215
350	86	86	120	185	215	215	215	215
375	80	85	117	175	210	210	210	210
400	75	83	114	160	210	210	210	210
425	68	82	110	-	182	195	190	195
450	-	80	107	-	156	180	165	180
475	-	79	104	-	127	165	143	165
500	-	78	100	-	96	150	120	150
510	-	-	95	-	84	137	110	140
520	-	-	90	-	74	120	98	130
530	-	-	85	-	65	100	88	118
540	-	-	80	-	55	75	75	105
550	-	-	75	-	-	64	-	90

Таблиця М.4 - Розрахункові значення коефіцієнтів лінійного розширення $\alpha \cdot 10^6$, 1/°С (середнє значення)

Інтервал температури	Типи сталі		
	вуглецеві	аустенітні	леговані
-200 +10	-	11.3	-
-100 +20	15.1	15.1	15.1
+20 +100	11.4	15.3	11.7
+20 +200	12.4	15.9	12.4
+20 +300	12.9	16.5	12.8
+20 +400	13.4	16.9	13.3
+20 +500	14.1	17.3	13.5

Таблиця М.5 - Основні розміри болтів (шпильок) (ОСТ 26-373—78)

Діаметр d_6 , мм	Розрахункова площа поперечного перерізу, $f_6 \cdot 10^4$, мм ²	Діаметр отворів під болт d , мм	Розміри "під ключ" a , мм	
			Нормальна гайка	гайка зі зменшеним розміром
M10	0,59	12	17	14
M12	0,79	15	19	17
M16	1,6	19	24	22
(M18)	1,9	21	27	24
M20	2,35	23	40	36
(M22)	2,95	25	42	40
M24	3,4	27	47	42
(M27)	4,45	30	52	47
M30	5,4	33	58	52
M36	7,9	40	60	53
M42	10,9	46	80	69
M48	14,4	52	92	80

Примітка. Розміри, поміщені в дужки, застосовувати не рекомендується.

Таблиця М.6 - Розрахункові значення модуля пружності $E \cdot 10^{-5}$, МПа
(ГОСТ 14249-86)

Т, °С	Типи сталі		
	вуглецеві та низьколеговані	жароміцні та жаростійкі автентичні	теплотривкі і корозійностійкі
20	1.99	2.00	2.15
100	1.91	2.00	2.15
200	1.81	1.97	1.98
300	1.71	1.90	1.90
400	1.55	1.80	1.78
450	1.40	1.74	1.71
500	-	1.67	1.63
550	-	1.60	1.54
600	-	1.52	1.40
650	-	1.43	-
700	-	1.32	-

Таблиця М.7 - Коефіцієнти міцності зварних швів

Вид зварного шва	Процент контролю довжини швів	
	100	10-50
Стиковий або тавровий з двостороннім суцільним проваром, виконаний автоматичним або напівавтоматичним зварюванням	1.0	0.9
Стиковий з підварюванням кореня шва або тавровий з двостороннім суцільним проваром, що виконується вручну	1.0	0.9
Стиковий, доступний зварюванню тільки з одного боку і має в процесі зварювання металеву прокладку з боку кореня шва	0.9	0.8
Втавр з конструктивним зазором деталей, що зварюються	0.8	0.65
Стиковий, виконуваний автоматичним або напівавтоматичним зварюванням з одного боку з флюсовою або керамічною прокладкою	0.9	0.65

Таблиця М.8 - Умовні діаметри проходів D_y трубопроводів і арматури (по ГОСТ 355-67)

Група діаметрів	D_y , мм	Призначення
Основні	3; 6; 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; 3400; 4000	Для широкого призначення
Допоміжні	1; 1,5; 2,5; 4; 5; 8; 175; 225; 450; 700; 900; 1800; 2200; 2600; 2800; 3200; 3600; 3800	Для спеціальної арматури
Додаткові	13; 90; 275; 325; 375; 1100; 1300; 1500	У вигляді виключення

Таблиця М.9 - Умовні і робочі тиски (вибірка з ГОСТ 356-68)

Температура Т, °С

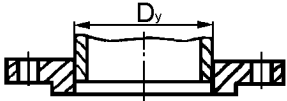

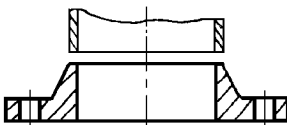
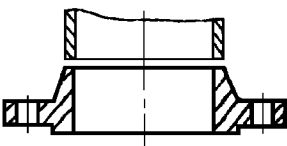
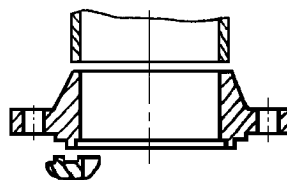
Ст3,10,20,25Л	200	250	308	350	400	425	435	445	455	-	-	-	-	-
15ГС, 2ГСЛ	200	250	200	350	400	425	435	445	455	-	-	-	-	-
14ХГС	200	250	320	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12ХМ	200	320	450	490	500	510	515	520	530	-	-	-	-	-
12Х1МФ	200	320	450	510	520	530	540	550	560	570	-	-	-	-
20Х5ВЛ	200	325	390	430	450	470	490	500	510	520	530	540	550	-
30Х3МВФ	200	350	440	425	510	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12Х18Н10Т, 10Х18Н9Л	200	300	400	480	520	560	590	610	630	640	660	675	690	700
Температурна ступінь	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,1	0,2	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	-	-	-	-	-
0,2	0,4	0,25	0,22	0,2	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06
0,4	0,6	0,4	0,36	0,32	0,28	0,25	0,22	0,2	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,1
0,6	0,9	0,6	0,56	0,5	0,45	0,4	0,36	0,32	0,28	0,25	0,22	0,2	0,18	0,16
1,0	1,5	1	0,9	0,8	0,7	0,64	0,56	0,5	0,45	0,4	0,36	0,32	0,28	0,25
1,6	2,4	1,6	1,4	1,25	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,64	0,56	0,5	0,45	0,4
2,5	3,8	2,5	2,2	2	1,8	1,6	1,4	1,25	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,64
4,0	6,0	4	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2	2	1,8	1,6	1,4	1,25	1,1	1
6,4	9,6	6,4	5,6	5	4,5	4	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2	2	1,8	1,6
10,0	15,0	10	8	8	7,1	6,4	5,6	5	4,5	4	3,6	3,2	2,8	2,5
16,0	24,0	16	12,5	12,5	11,2	10	8	8	7,1	6,4	5,6	5	4,5	4

Р_у, МПа Р_{випр}

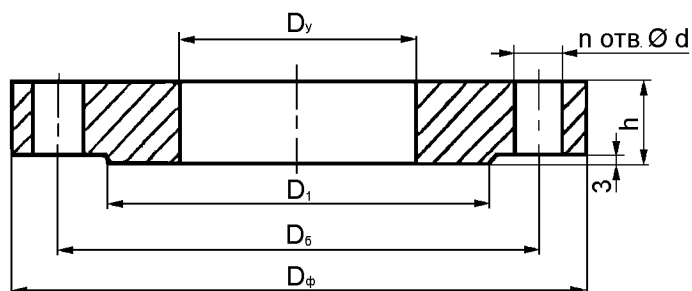
Робочий тиск, МПа

ДОДАТОК Н

Основні типи фланців

Тип фланця	Переважаюча область застосування		ГОСТ
	P_y , МПа	D_y , мм	
1. Плоский приварний 	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5	10 - 1600 10 - 1000 10 - 600 10 - 500	1255-67
2. Плоский приварний з виступом-впадиною 	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5	10 - 800 10 - 600 10 - 500	12828-67
3. Приварний з шийкою без виступів 	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 2,5; 4,0	10 - 1600 10 - 1400 10 - 1200 10 - 800 10 - 500	12829-67
4. Приварний з шийкою 	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,4; 10,0	10 - 1600 10 - 1400 10 - 1200 10 - 800 10 - 500 10 - 400	12830-67
5. Приварний з ущільненням шип-паз 	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,4; 10,0	10 - 800 10 - 600 10 - 500 10 - 400	12832-67

ДОДАТОК П Основні приєднувальні розміри фланців



D_y , мм	P_y , МПа	D_ϕ	D_1	D_6	h	n	d
50	1,6	160	102	125	14	4	18
	2,5				17		
	4,0				23		23
	6,4	175	108	135	23		23
100	1,6	215	158	180	17	8	18
	2,5	230	162	190	21		23
	4,0				29		27
	6,4	250	170	200	29		27
200	1,6	335	268	295	23	12	23
	2,5	360	278	310	31		27
	4,0	375	280	320	35		30
	6,4	405	300	345	41		33
400	1,0	535	466	495	35	20	23
	1,6				40	24	
	2,5				50	20	33
	4,0	520	522	530	70		
	6,4				70	20	33
500	1,0	640	572	600	35	24	23
	1,6				45	28	
	2,5				60	24	33
	4,0	695	572	635	75		
	6,4				75	24	33
600	1,0	740	672	700	35	28	23
	1,6				50	32	
	2,5				65	28	33
	4,0	795	672	735	65		
	6,4	820	685	750	85	28	33

D_y , мм	P_y , МПа	D_ϕ	D_1	D_6	h	n	d
------------	-------------	----------	-------	-------	-----	-----	-----

800	1,0	945	876	905	40	40	23
	1,6				45		
	2,5	955	886	915	55	48	23
	4,0	1005	886	945	75	36	33
	6,4	1005	910	985	95	36	40
1000	1,0	1145	1176	1105	50	44	23
	1,6				55	44	23
	2,5	1175	1092	1125	60	52	27
	4,0	1240	1092	1170	90	40	40
	6,4	1300	1110	1220	115	40	46
1200	1,0	1350	1280	1310	50	56	23
	1,6				60	56	23
1200	2,5	1400	1310	1345	70	56	30
	4,0	1455	1310	1385	105	48	40
	6,4	1520	1326	1440	120	48	46
1400	1,0	1550	1484	1510	55	68	23
	1,6	1610	1520	1550	65	68	23
	2,5				75	64	30
	4,0	1670	1520	1600	105	56	40
	6,4	1770	1545	1675	145	44	58
1600	1,0	1780	1696	1730	55	68	27
	1,6	1820	1720	1760	65	76	27
	2,5				80	68	33
	4,0	1915	1720	1830	125	60	46
	6,4	1995	1750	1900	155	56	58
1800	1,0	1980	1896	1930	60	80	27
	1,6				70	84	27
	2,5	2075	1928	1965	90	80	33
2000	1,0	2185	2100	2135	65	84	27
	1,6				80	92	27
	2,5	2235	2130	2175	105	80	33
2400	1,0	2595	2505	2540	80	92	30
	1,6	2610	2510	2550	110	88	33
2600	1,0	2800	2695	2745	115	96	30

ДОДАТОК Р Опори вертикальних апаратів

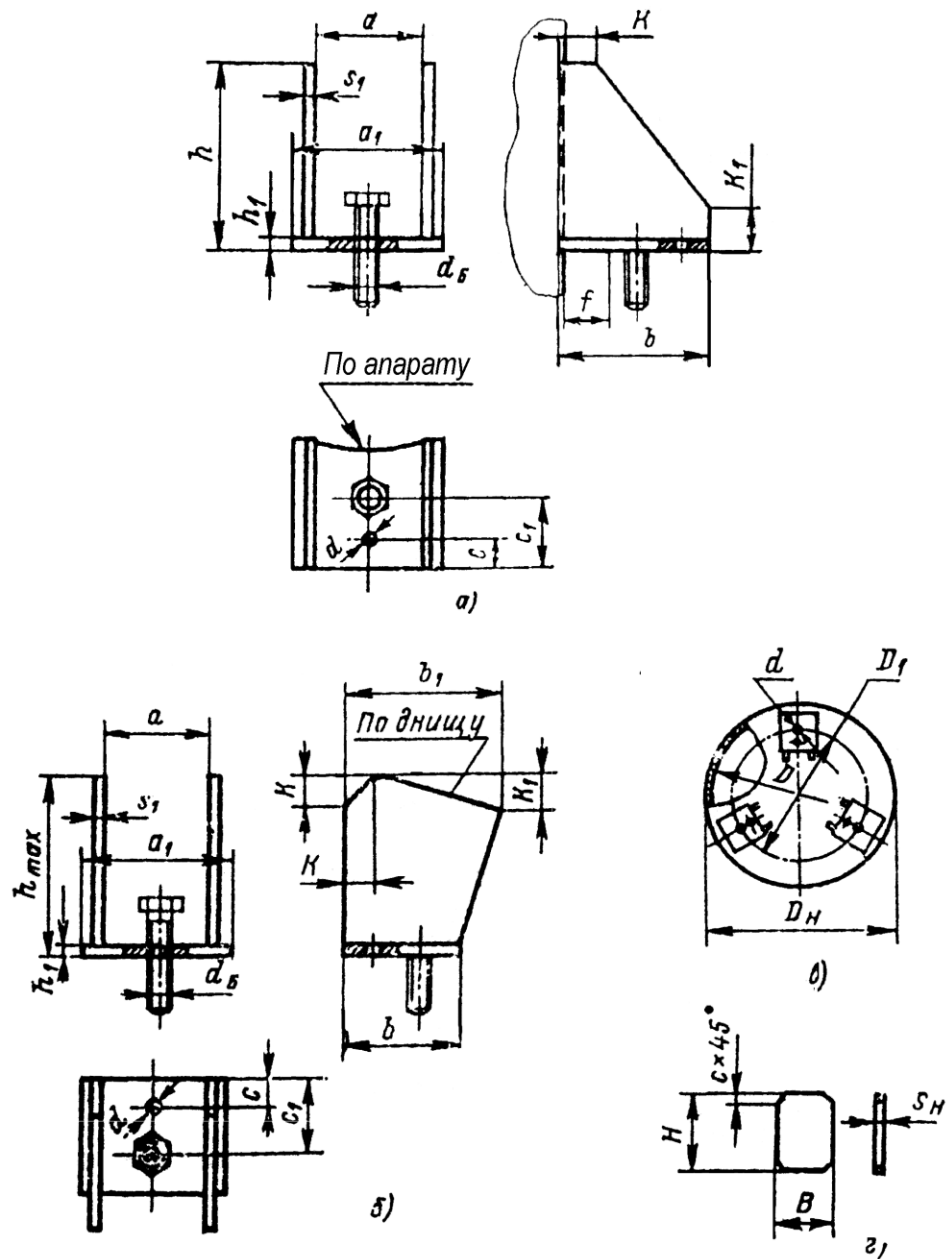


Рисунок Р.1 - Конструкції стандартних опор (лап і стійок) для сталевих зварних вертикальних циліндричних апаратів: а - лапи; б - стійки; в - схема розташування опор на днище апарату; г - накладний лист

Таблиця Р.1 - Опори (лапи) для вертикальних апаратів (рис.Р.1, а)

Q, кН	a, мм	a ₁ , мм	b, мм	c, мм	c ₁ , мм	h, мм	h ₁ , мм	S ₁ , мм	K, мм	K ₁ , мм	D, мм	d _Б , мм	f _{max} , мм
1,6	45	65	60	15	40	85	8	4	10	15	12	M12	10
4,0	75	95	95	20	50	140	10	5	15	25			25
10,0	90	115	115		85	170	14	6	20	30	24	M16	30
25,0	125	155	155	45	90	230	16	8	25	40		M20	40
40,0	150	100	185			295	20	10	30	60	35	M24	50
63,0	185	230	230	60	130	360	24	12	35	70		M30	60
100,0	250	310	310	65	160	475	30	10	40	95	42	M36	80
160,0	300	380	390		200	585	30	20	60	115		—	100
250,0	360	455	480		240	695	40	24	75	135		—	120

Таблиця Р.2 - Накладні листи під опори (лапи) для вертикальних апаратів

Q, кН	B, мм	H, мм	c, мм	S _н , мм	Q, кН	B, мм	H, мм	c, мм	S _н , мм
1,6	75	120	8	4; 6; 8; 10	100,0	400	650	32	10; 12; 16; 20
4,0	125	200	10	6; 8; 10; 12	160,0	500	810	40	12; 16; 20; 24
10,0	150	250	12		250,0	600	970	45	16; 20; 24; 28
25,0	200	330	16	8; 10; 12; 16	400,0	700	1140 1	50	20; 24; 28
40,0	250	405	20		630,0	900	1480	55	
63,0	300	490	24	10;12; 18; 20					

Примітки:

1. Розмір S_н визначається розрахунком і округляється до найближчого більшого значення по табл. Р.2. але не менше товщини обичайки.
2. Сторона накладного листа з розміром B згинається по зовнішньому діаметру апарату.

Таблиця Р.3 - Опори (стійки) для вертикальних апаратів (рис.Р.1, б)

Q, кН	a, мм	a ₁ , мм	b, мм	b ₁ , мм	c, мм	c ₁ , мм	f _{max} , мм	h ₁ , мм	S ₁ , мм	K, мм	K ₁ , мм	d, мм	d _Б , мм
4,0	75	110	85	120	22	30	220	10	6	6	60	19	M12
10,0	90	125	115	160	22	60	295	14	8	10	80	19	M16
25,0	125	165	140	200	22	80	365	16	10	10	105	24	M20
40,0	150	205	180	240	40	100	440	20	12	12	125	35	M24
63,0	185	245	210	280	40	120	515	24	14	15	150	35	M30
100,0	250	325	250	360	40	160	660	30	18	20	180	42	M36
160,0	300	390	340	480	60	200	875	36	24	25	250	42	—
250,0	360	480	490	680	60	240	1240	40	34	35	350	42	—

Примітка:

Розміри b_1 і K_1 в опорах для конічних днищ довідкові.

ДОДАТОК С

Стропувальні пристрої

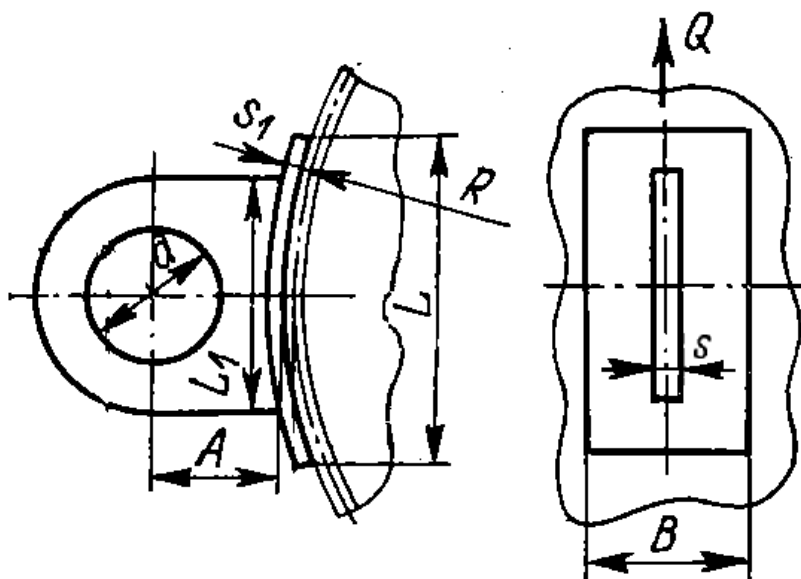


Рисунок С.1 – Конструкція стропувального пристрою (вушка)

Таблиця С.1 - Стропувальні пристрої (вушка) для сталевих зварних апаратів

Позначення розміру	Числове значення розміру, мм, при навантаженні на один стропувальний пристрій Q, МН					
	0,01	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32
L	125	150	260	320	380	500
L ₁	80	150	230	280	345	440
B	60	80	100	120	150	200
A	41	58	68	94	131	167
d	40	55	80	105	155	210
s	8	8	10	14	16	32
s ₁	6	8	8	14	16	22

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Основи розробки технологічного обладнання» для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування денної та заочної форми навчання авторів Костіної О.Д., Кутняшенко І.В., Топорова А.А., Трет`якова П.В., Алексєєвої О.Є., Боровльова В.М. - Покровськ, ДонНТУ, 2019. - 37 с.

Комп'ютерний набір і верстка: П.І.Б.

Редактор:

Донецький національний технічний університет
83502, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2.

Підписано до друку _____.2019 р. Формат 60×84 1/16
Ум. друк. арк. 1,5. Друк лазерний. Зам. №____. Накл. прим.