

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

Розрахунок і конструювання обладнання: рекомендації до виконання курсowego проєкту

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування
обладнання хімічної інженерії»
спеціальності 133 Галузеве машинобудування

Укладач І. А. Андреев

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
2024

УДК 621.01–66.05
А65

Укладач *Андреев Игорь Анатолійович*, канд. техн. наук, доц.
Рецензент *Мікульонок Ігор Олегович*, д-р техн. наук, проф., с. н. с., кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування “КПІ ім. Ігоря Сікорського”
Відповідальний редактор *Корнієнко Ярослав Микитович*, д-р техн. наук, професор

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 4 від 01.02.2024 р.)
за поданням вченої ради інженерно-хімічного факультету
(протокол № 12 від 28.12.2023 р.)*

Андреев І. А.
А65 Розрахунок і конструювання обладнання: рекомендації до виконання курсового проекту [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» спец. 133 Галузеве машинобудування / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І. А. Андреев. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 78 с.

Посібник містить вимоги, правила виконання, оформлення пояснювальної записки і графічної частини курсового проекту з розрахунків і конструювання обладнання. Наведені приклади виконання курсового проекту і необхідні довідкові дані, які будуть корисні для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

УДК 621.01–66.05

Реєстр. № НП 23/24-269. Обсяг 3,25 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	6
2 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЄКТ	7
3 СКЛАД, ОБСЯГ І СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЄКТУ.....	8
4 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ.....	9
5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ. 11	
5.1 Вимоги до форматування пояснювальної записки.....	11
5.2 Виклад тексту пояснювальної записки	12
5.3 Оформлення розрахунків	17
5.4 Оформлення переліку посилань.....	19
5.5 Оформлення додатків	21
6 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ 23	
6.1 Загальні положення.....	23
6.2 Правила заповнення штампу креслення	25
6.3 Правила оформлення специфікацій до складального креслення. 27	
7 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОРЯДКУ ЗАХИСТУ ПРОЄКТУ.....	31
8 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ З РОЗРАХУНКОВОЇ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ	32
8.1 Розрахункові параметри і допустимі напруження.....	32
8.2 Рекомендації щодо виконання розрахунків.....	39
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	43
ДОДАТОК А. Зразок завдання на курсовий проєкт	44
ДОДАТОК Б. Зразок змісту курсового проєкту	45
ДОДАТОК В. Зразок титульного листа пояснювальної записки курсового проєкту	46
ДОДАТОК Г. Основні стандартизовані і загальноживані в науково- технічній літературі терміни та визначення	47

ДОДАТОК Д. Приклад виконання складального кресленика	59
ДОДАТОК Е. Класифікатор ЄСКД	60
ДОДАТОК Ж. Приклад виконання специфікації до складального кресленика	67
ДОДАТОК И. Зразок титульного листа папки курсового проекту	69
ДОДАТОК К. Зразок опису вкладень	70
ДОДАТОК Л. Допустимі напруження сталей	71

1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Метою курсового проєкту є набуття практичних умінь при конструюванні та розрахунку посудин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв.

Завданнями курсового проєкту є:

- опис технологічної схеми виробництва;
- виконання літературного і патентного пошуку за темою курсового проєкту;
- обґрунтування вибору конструкції посудини або апарата для проведення технологічного процесу;
- обґрунтування вибору матеріалів для виготовлення посудини або апарата;
- визначення розмірів окремих елементів посудини або апарата за результатами розрахунків на міцність і стійкість;
- виконання складальних креслень посудини або апарата;
- виконання специфікацій до складальних креслень посудини або апарата;
- презентація виконаної роботи.

2 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

Завдання на курсовий проєкт видається кожному студенту особисто протягом перших двох тижнів навчання.

Темою курсового проєкту можуть бути будь-які посудини та апарати, конструкції і розрахунок яких викладався студентам при вивченні дисциплін «Процеси та обладнання хімічних технологій» і «Розрахунок і конструювання обладнання».

Текст завдання підписується студентом, що буде виконувати курсовий проєкт та керівником курсового проєкту.

Зразок завдання розміщено у Додатку А.

З СКЛАД, ОБСЯГ І СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Курсовий проєкт складається з пояснювальної записки і графічної частини.

Пояснювальна записка повинна містити вступ, літературний і патентний огляд за темою курсового проєкту, опис технологічної схеми виробництва, опис конструкції, технічну характеристику і розрахунки, які підтверджують працездатність і надійність посудини або апарата, висновки, перелік посилань і додатки (за необхідністю). Орієнтовний обсяг пояснювальної записки 35...50 аркушів формату А4.

Зразок змісту наведено у Додатку Б.

Графічна частина повинна містити складальні кресленики посудини або апарата (не менше 3 форматів А1) та специфікацій до складальних креслень.

Обсяг графічної частини остаточно визначається керівником курсового проєкту.

4 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Вимоги до змісту курсового проекту

Розділ «Вступ»

У вступі коротко надається інформація про актуальність роботи. Далі відповідно до змісту роботи ставляться мета та задачі розробки. В кінці вступу вказується, коли було видано завдання на курсовий проєкт.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «1 Огляд конструкцій [відповідного апарата або посудини]»

У розділі наводиться призначення апарата (посудини) та опис основних конструкцій за результатами літературного та патентного пошуків.

Приблизний обсяг розділу – 5...10 аркушів.

Розділ «2 Опис технологічного обладнання»

Наводяться технологічна схема виробництва та її опис, апарат або посудина і надається його схема.

Приблизний обсяг розділу – 4 аркуші.

Розділ «3 Технічна характеристика посудини або апарата»

Подаються основні технічні характеристики посудини або апарата (продуктивність, потужність, умовний тиск, температура процесу, габаритні розміри, маса та інші параметри).

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «4 Розрахунки, які підтверджують працездатність та надійність конструкції»

Завдання і обсяг розрахунків на міцність, жорсткість і стійкість визначається залежно від типу посудини або апарата і надається керівником курсового проєкту.

Приблизний обсяг розділу – 20...30 аркушів.

Підрозділ «Висновки»

У висновку перераховуються розрахунки, які були виконані відповідно до завдання та мети курсового проєкту. Вказуються всі авторські удосконалення, які мали місце при виконанні проєкту.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Перелік посилань

В переліку посилань вказуються література, стандарти і патенти, які були використані при виконанні курсового проєкту.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Додатки

В додатках можуть бути наведені алгоритми і програми розрахунків, таблиці ідентифікаторів, довідкові дані і т. ін.

5 РЕКОМЕНДАЦІЯ ДО ВИКОНАННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

5.1 Вимоги до форматування пояснювальної записки

Пояснювальна записка виконується згідно вимог єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД) [1].

Пояснювальна записка для курсового проєкту розпочинається титульним листом з надписом „Пояснювальна записка” (Додаток В), наступним аркушем є „Завдання на курсовий проєкт” (Додаток А), далі – „Зміст” (Додаток Б).

Текст пояснювальної записки розділяють на розділи і підрозділи.

Розділи повинні мати порядкові номери в межах усього документа, позначені арабськими цифрами з крапкою. Підрозділи повинні мати нумерацію в межах кожного розділу. Номери підрозділів складаються з номерів розділів або підрозділу, розділених крапкою. Наприкінці номера розділу або підрозділу крапка не ставиться. Розділи, як і підрозділи, можуть складатися з декількох пунктів.

Заголовки повинні чітко і коротко відображати зміст розділів, підрозділів. Заголовки слід друкувати з великої літери без крапки в кінці, не підкреслюючи. Перенесення слів в заголовках не допускаються. Якщо заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою.

Кожен розділ текстового документа рекомендується починати з нового аркуша (сторінки).

Нумерація сторінок повинна бути наскрізна для всієї записки, включаючи додатки.

Приклад оформлення заголовку:

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції теплообмінника

4.1 Розрахунок кожуха теплообмінника на міцність

Мета розрахунку

5.2 Виклад тексту пояснювальної записки

Для однозначного тлумачення найрізноманітніших понять необхідно вживати стандартизовані терміни й скорочення, а за їх відсутності – загальноживані в науково-технічній літературі [2]. Основні стандартизовані терміни наведені у Додатку Г.

Повне найменування виробу на титульному листі, в основному написі і при першому згадуванні в тексті документа повинне бути однаковим з найменуванням його в основному конструкторському документі (специфікації).

Найменування, що наводяться в тексті пояснювальної записки і на ілюстраціях, повинні бути однаковими.

Текст записки повинен бути коротким, чітким і не допускати різних тлумачень.

В записці повинні застосовуватися науково-технічні терміни, позначення і визначення, встановлені відповідними стандартами, а при їх відсутності – загальноприйняті в науково-технічній літературі.

Умовні літерні позначення, зображення або знаки повинні відповідати прийнятим у чинному законодавстві і державних стандартах. У тексті записки перед позначенням параметра дають його пояснення, наприклад "Тимчасовий опір розриву σ_6 ".

При необхідності застосування умовних позначень, зображень або знаків, невстановлених діючими стандартами, їх слід пояснювати в тексті або в переліку позначень.

В записці слід застосовувати стандартизовані одиниці фізичних величин, їх найменування і позначення. Поряд з одиницями СІ, при необхідності, в дужках вказують одиниці систем, які раніше застосовувалися і дозволені до застосування. Застосування в одному документі різних систем позначення фізичних величин не допускається.

У тексті числові значення величин з позначенням одиниць фізичних величин і одиниць рахунку слід писати цифрами, а числа без позначення одиниць фізичних величин і одиниць рахунку від одиниці до дев'яти – словами.

- Приклади: 1 Провести випробування п'яти труб, кожна довжиною 5 м.
2 Відібрати 15 труб для випробувань на тиск.

Одиниця фізичної величини одного і того ж параметра в межах одного документа повинна бути постійною. Якщо в тексті наводиться ряд числових значень, виражених в одній і тій же одиниці фізичної величини, то її вказують тільки після останнього числового значення, наприклад 1,50; 1,75; 2,00 м.

Якщо в тексті документа призводять діапазон числових значень фізичної величини, виражених в одній і тій же одиниці фізичної величини, то позначення одиниці фізичної величини вказується після останнього числового значення діапазону.

Приклади:

- 1 Від 1 до 5 мм.
- 2 Від 10 до 100 кг.
- 3 Від плюс 10 до мінус 40 ° С.
- 4 Від плюс 10 до плюс 40 ° С.

Неприпустимо відокремлювати одиницю фізичної величини від числового значення (переносити їх на різні рядки або сторінки).

Дробові числа необхідно приводити у вигляді десяткової дробі, за винятком розмірів у дюймах, які слід записувати $\frac{1}{4}$ "; $\frac{1}{2}$ " (але не $\frac{1}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ").

При неможливості записати числове значення у вигляді десяткового дробу, допускається записувати у вигляді простого дробу в один рядок через косу риску, наприклад $5/32$; $(50A-4C) / (40B + 20)$.

У формулах як символи слід застосовувати позначення, встановлені відповідними державними стандартами. Пояснення символів і числових коефіцієнтів, що входять в формулу, якщо вони не пояснені раніше в тексті, повинні бути приведені безпосередньо під формулою. Пояснення кожного символу слід давати з нового рядка в тій послідовності, в якій символи наведені у формулі. Перший рядок пояснення має починатися зі слова "де" без двокрапки після нього.

Приклад: Густина кожного зразка ρ , кг/м³, обчислюють за формулою

$$\rho = \frac{m}{V},$$

де m – маса зразка, кг;

V – об'єм зразка, м³.

Формули, які слідує одна за одною і не розділені текстом, розділяють комою.

Переносити формули на наступний рядок допускається тільки на знаках виконуваних операцій, причому знак на початку наступного рядка повторюють. При перенесенні формули на знаку множення застосовують знак "х".

Формули, за винятком формул, які розміщені у додатку, повинні нумеруватися наскрізною нумерацією арабськими цифрами, які записують

на рівні формули праворуч у круглих дужках. Одну формулу позначають – (1).

Посилання в тексті на порядкові номери формул дають в дужках, наприклад ... в формулі (1).

Формули, що поміщаються в додатках, повинні нумеруватися окремою нумерацією арабськими цифрами в межах кожного додатка з додаванням перед кожною цифрою позначення додатка, наприклад формула (B.1).

Допускається нумерація формул в межах розділу. У цьому випадку номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули, розділених крапкою, наприклад (3.1).

Кількість ілюстрацій повинна бути достатньою для пояснення викладеного тексту. Ілюстрації можуть бути розташовані як по тексту документа (можливо ближче до відповідних частин тексту), так і в кінці його. Ілюстрації повинні бути виконані відповідно до вимог стандартів ЄСКД. Ілюстрації, за винятком ілюстрацій додатків, слід нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією. Якщо рисунок один, то він позначається "Рисунок 1".

Ілюстрації кожного додатка позначають окремою нумерацією арабськими цифрами з додаванням перед цифрою позначення додатка. Наприклад – Рисунок А.3.

Допускається нумерувати ілюстрації в межах розділу. У цьому випадку номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, між якими ставиться крапка. Наприклад – Рисунок 1.1.

Ілюстрації, при необхідності, можуть мати найменування і пояснювальні дані (текст під рисунком). Слово " Рисунок " і найменування поміщають після пояснювальних даних і розташовують таким чином: Рисунок 1 – Деталі приладу.

Якщо в тексті записки є ілюстрація, на якій зображені складові частини виробу, то на цій ілюстрації повинні бути вказані номери позицій цих складових частин в межах даної ілюстрації, які розташовуються в порядку зростання.

Таблиці застосовують для кращої наочності і зручності порівняння показників. Назва таблиці повинна відображати її зміст, бути точним, коротким. Назву слід розміщувати над таблицею. При перенесенні частини таблиці на ту ж або інші сторінки назву вміщують тільки над першою частиною таблиці.

Таблиці, за винятком таблиць додатків, слід нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією. Таблиці кожного додатка позначають окремою нумерацією арабськими цифрами з додаванням перед цифрою позначення додатка. Якщо в записці одна таблиця, вона повинна бути позначена "Таблиця 1" або "Таблиця В.1", якщо вона приведена в додатку В. Допускається нумерувати таблиці в межах розділу. У цьому випадку номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, між якими ставиться крапка.

На всі таблиці записки повинні бути приведені посилання в тексті записки, при посиланні слід писати слово "таблиця" із зазначенням її номера.

Заголовки граф і рядків таблиці слід писати з великої літери, а підзаголовки граф – з малої літери, якщо вони складають одне речення з заголовком, або з великої літери, якщо вони мають самостійне значення. В кінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Заголовки і підзаголовки граф вказують в однині.

Таблицю, залежно від її розміру, розміщують під текстом, в якому вперше дано посилання на неї, або на наступній сторінці, а при необхідності, в додатку до записки.

Допускається розташовувати таблицю вздовж довгої сторони аркуша записки.

Слово "Таблиця" вказують один раз зліва над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть слова "Продовження таблиці" із зазначенням номера (позначення) таблиці.

5.3 Оформлення розрахунків

Необхідні розрахунки визначаються керівником курсового проєкту.

В кожному підрозділі розрахунок проводиться за такою схемою

- 1 Мета розрахунку з вказівкою, що потрібно визначити.
- 2 Розрахункова схема або ескіз виробу (у довільному масштабі).
- 3 Вихідні данні.
- 4 Умови розрахунку.
- 5 Розрахунок.
- 6 Висновки, відповідно до мети.

Приклад виконання підрозділу

4.1 Розрахунок товщини стінки обичайки корпусу апарата

Метою розрахунку є визначення з умови міцності товщини стінки циліндричної обичайки корпусу апарата який працює під внутрішнім надлишковим тиском, а також вибір стандартної труби для виготовлення обичайки.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.1.

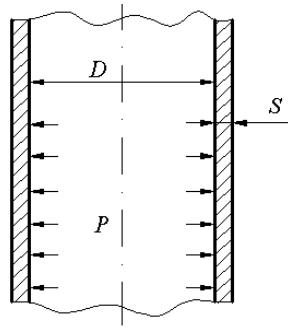


Рисунок 4.1 – Схема циліндричної обичайки корпусу апарата

Вихідні дані для розрахунку:

матеріал обичайки	X18H10T;
розрахунковий тиск всередині апарата p , МПа	0,4;
розрахункова температура T , К	343;
внутрішній діаметр апарата D , м	0,812;
допустиме напруження матеріалу при розрахунковій температурі $[\sigma]$, МПа	134,5;
довжина каналів L , м	25;
швидкість корозії P , мм/рік	0,1;
термін експлуатації τ , років	15;
коефіцієнт міцності зварного шва φ_p	0,9.

Розрахунок ведемо за ГОСТ 34233.2.

Розрахункова товщина циліндричної обичайки

$$s_p = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi_p - p} = \frac{0,4 \cdot 0,812}{2 \cdot 134,5 \cdot 0,9 - 0,4} = 0,0032 \text{ м}$$

[подається розрахунок]

Висновок: Визначена виконавча товщина стінки обичайки $s = 0,004$ м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень. Значення робочого тиску $p = 0,4$ МПа не перевищує значення допустимого тиску $[p] = 12,0$ МПа.

5.4 Оформлення переліку посилань

Перелік посилань необхідно оформлювати за ДСТУ 8302:2015 [3]. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання.

Таблиця 5.1. Приклади оформлення посилань

Характеристика джерела	Приклад оформлення
Книги: один автор	Андреев І. А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском: навч. посіб. Київ: НТУУ „КПІ”, 2011. 272 с.
Книги: два автори	Андреев І. А., Мікульонок І.О. Розрахунок, конструювання та надійність обладнання хімічних виробництв: термінологічний словник. Київ: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2002. 216 с.
Книги: три автори	Андреев І. А., Зубрій О.Г., Мікульонок І.О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: навч. посіб. Київ: ІЗМН, 1999. 148 с.
Книги: чотири і більше авторів	Інформатика: навч. посіб. / І. А. Андреев та ін. Київ: Видавничий центр «Принт-центр», 2007. 131 с.

Продовження табл. 5.1

Автор(и) та редактор(и)/упорядники	Дахно І. І., Алієва-Барановська В.М. Право інтелектуальної власності : навч. посіб. / за ред. І. І. Дахна. Київ : ЦУЛ, 2015. 560 с.
Багатотомні видання	Енциклопедія Сучасної України / редкол.: І. М. Дзюба та ін. Київ : САМ, 2016. Т. 17. 712 с.
Патенти	Тарілка масообмінного апарата: пат. 146614 U Україна: МПК В01D 3/20 (2006.01) Н01F 7/00 (2021.01). № u202007082; заявл. 04.11.2020; опубл. 03.03.2021, Бюл. № 9. 8 с.
Стандарти	ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.
Частина видання: періодичного видання (журналу, газети)	Андрєєв І. А., Пінчук А. Є., Крамар О. В. Віброекструзійний плин бетонних сумішей у правильному чотирикутному пірамідальному каналі. Вісник національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, серія „Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження”. 2021. № 3 (20). С. 9–15. DOI: 10.20535/2617-9741.3.2021.241018

Електронні ресурси	<ol style="list-style-type: none"> 1. Андреев І. А. Укріплення отворів в посудинах та апаратах: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 72 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42254. 2. Андреев І. А. Процес віброекструзії фібробетону: монографія. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 194 с. URL: http://ela.kpi.ua/handle/123456789/17692. 3. Andreiev I. A., Koval V. O. Measuring the viscosity of liquids in a conical viscometer. Modern engineering and innovative technologies, Karlsruhe, 2021. Issue 16, Part 1, P.24–28. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-16-01-046. URL: https://www.moderntechno.de/index.php/meit/issue/view/meit16-01/meit16-01.
--------------------	--

5.5 Оформлення додатків

Матеріал, що доповнює текст записки, допускається поміщати в додатках. Додатками можуть бути, наприклад, графічний матеріал, таблиці великого формату, розрахунки, описи апаратури і приладів, описи алгоритмів і програм завдань, що вирішуються на ЕОМ, і т. ін.

У тексті записки на всі додатки повинні бути посилання. Ступінь обов'язковості додатків при посиланнях не вказується. Додатки розташовують у порядку посилань на них у тексті записки.

Кожний додаток слід починати з нової сторінки із зазначенням нагорі посередині сторінки слова "Додаток" і його позначення.

Додаток повинен мати заголовок, який записують симетрично щодо тексту з великої літери окремим рядком.

Додатки позначають великими літерами українського алфавіту, починаючи з А, за винятком літер Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь. Після слова "Додаток"

пишеться буква, що позначає його послідовність. Допускається позначення додатків літерами латинського алфавіту, за винятком букв I і O.

Якщо в записці один додаток, тоді він позначається "Додаток А".

Додатки повинні мати спільну з іншою частиною записки наскрізну нумерацію сторінок.

Всі додатки повинні бути перераховані в змісті записки із зазначенням їх номерів і заголовків.

6 РЕКОМЕНДАЦІЯ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ

6.1 Загальні положення

Під час виконання курсового проєкту необхідно виконати щонайменше три формати А1 креслеників (або їх еквіваленти у форматах А2, А3 чи А4): складальний кресленик апарата (посудини) складальні кресленики вузлів апарата (посудини).

Графічна частина виконується згідно вимог ЄСКД до креслеників.

При розробці креслеників необхідно передбачити:

а) оптимальне застосування стандартних і покупних виробів, а також виробів, які освоєні виробництвом і відповідають сучасному рівню техніки;

б) раціонально обмежену номенклатуру марок і сортamentів матеріалів, а також застосування найбільш дешевих і найменш дефіцитних матеріалів;

в) необхідний ступінь взаємозамінності, найвигідніші способи виготовлення і ремонту виробів, а також їх максимальну зручність обслуговування при експлуатації.

На складальному кресленику апарата (посудини):

а) необхідно розмістити технічні вимоги до виробу, його технічну характеристику та таблицю штуцерів;

б) необхідно вказати габаритні, приєднувальні, установочні та виконавчі розміри.

Дублювати розміри на кресленику заборонено.

Розміри вказуються в тому місці, де найбільш повно розкривається форма елемента.

При вказуванні розмірів необхідно використовувати мінімальну кількість баз для зменшення відхилення під час монтування.

Аналогічні розміри (наприклад горизонтальні вильоти штуцерів) рекомендується вказувати від однієї бази.

Розміри вказуються до тієї бази, відносно якої можливо провести вимірювання його значення на місці монтування.

За специфікацією апарат (посудина) обов'язково має збиратись, тобто мають бути позначені всі конструктивні елементи, що входять на цьому етапі у виріб та при необхідності всі кріпильні елементи, за допомогою яких виріб має однозначно зібратись.

На складальних креслениках всі складові частини складальної одиниці нумеруються відповідно до номерів позицій, зазначених у специфікації складального кресленика. Тому, перш ніж наносити номери позицій, треба спочатку скласти специфікацію до складального кресленика. Номери позиції вказують на горизонтальних полицях ліній-виносок, які проведені від зображень складових частин. Номери позицій вказують на тих зображеннях, на яких деталі зображуються як видимі, як правило, на головному виді і розрізі, що замінює його. Номери позицій розташовують паралельно основного напису поза контуром зображення і групують в колонку або рядок по можливості на одній висоті.

Номери позицій проставляють на кресленику, зазвичай, один раз. Дозволяється повторно вказувати номер позицій однакових деталей. Розмір шрифту номерів позицій має бути на один-два номери більше, ніж розмір шрифту, прийнятого для розмірних чисел на цьому кресленику. Допускається робити загальну лінію-виноску з вертикальним розташуванням номерів позицій для:

групи кріпильних деталей, що відносяться до одного і того ж місця кріплення;

групи деталей з чітко вираженим взаємозв'язком;

коли на кресленику неможливо підвести лінію-виноску до кожної складової частини.

Приклад виконання складального кресленика наведено у Додатку Д.

6.2 Правила заповнення штампу кресленика

На рисунку 6.1 показано штамп кресленика.

					(2)			
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(1)	Лит	Маса	Маштаб
Зм	Лист	№ докум	Підп	Дата		(4)	(5)	(6)
Разроб				06.07.2019	(3)	Лист	Листів	
Перед						(7)	(8)	
I. контр	(10)	(11)	(12)	(13)		(9)		
II. контр								
Чтб								

Рисунок 6.1 – Штамп для першого листа кресленика

У графах (номери граф показані в круглих дужках) вказують значення відповідних реквізитів або атрибутів [4].

В графі 1 (рис. 6.1) вказують найменування виробу. Найменування виробу повинно відповідати прийнятій термінології та бути по можливості коротким. Найменування виробу записують в називному відмінку однини. У найменуванні, що складається з декількох слів, на першому місці поміщають іменник, наприклад: "Колесо зубчасте". У найменування виробу не включають, як правило, відомості про призначення виробу та його місцезнаходження.

В графі 2 вказують позначення кресленика. Перша група символів – літерний код організації розробника. Для означення курсової роботи в якості такого розробника виступає студентська група, яка виконує проект і

має код, встановлений деканатом, наприклад ЛН91. Тоді позначення виробу набуде вигляду: ЛН91.XXXXXXX.XXX.

Друга група шестиступінчастий код класифікаційної характеристики виробу, береться з класифікатора, наприклад для теплообмінників з нерухомими трубними решітками без компенсатора цей код набуває значення [5]: ЛН91.065111.XXX.

Третя група символів – порядковий реєстраційний номер від 001 до 999. Реєстраційний порядковий номер 000 – не присвоюється. Реєстрацію розпочинають з номера 001. Тоді повне позначення основного документу набуває вигляду: ЛН91.065111.001.

Позначення інших конструкторських документів:

- складальний кресленик: ЛН91.065111.001 СБ;
- кресленик деталі: ЛН91.065111.151;
- пояснювальна записка: ЛН91.065111.001 ПЗ;
- опис документів роботи: ЛН91.065111.001 ОП.

В графі 3 вказують позначення матеріалу деталі (графу заповнюють тільки на кресленнях деталей).

В графі 4 вказують літеру, присвоєну даному документу (на документі в паперовій формі графу заповнюють послідовно, починаючи з крайньої лівої клітини). Допускається в робочій конструкторській документації літеру проставляти тільки в специфікаціях і технічних умовах. При виконанні курсової роботи графа не заповнюється.

В графі 5 вказують масу виробу;

В графі 6 вказують масштаб;

В графі 7 вказують порядковий номер аркуша (на документах, що складаються з одного аркуша, графу не заповнюють).

В графі 8 вказують загальну кількість аркушів документа (вказують тільки на першому аркуші);

В графі 9 вказують найменування або код організації, що випускає документ (графу не заповнюють, якщо код міститься в позначенні документа). В курсовому проєкті вказують: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, каф. МАХНВ.

В графі 10 вказують характер роботи, що виконується особою, яка підписує документ. Приклад для курсового проєкту наведено на рис. 6.1.

В графі 11 вказують прізвища осіб, які підписали документ.

В графі 12 проставляються підписи особами, прізвища яких вказані в графі 11.

В графі 13 вказують дату підписання документа.

В графі 14–18 вказують відомості про зміни, які заповнюють відповідно до вимог ГОСТ 2.503.

У графах 13, 18 при вказівці календарної дати рік вказують двома останніми цифрами.

На наступних аркушах виконується зменшений штамп (рис. 6.2).

(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(2)	Лист
Зм	Лист	№ док	Підп	Дата		(7)

Рисунок 6.2 – Штамп для наступних аркушів креслення

6.3 Правила оформлення специфікацій до складального кресленника

Специфікація виконується на окремих аркушах формату А4 з штампом для першого аркуша за рисунком 6.1, а для наступних аркушів – з штампом за рисунком 6.2 (Додаток Ж).

У загальному випадку, специфікація складається з розділів, які розташовуються в такій послідовності: документація, комплекси,

складальні одиниці, деталі, стандартні вироби, інші вироби, матеріали і комплекти.

Наявність тих чи інших розділів визначається складом виробу, на який складають специфікацію.

Найменування кожного розділу вказують у вигляді заголовка в графі «Найменування» і підкреслюють тонкою лінією, заголовки виділяють порожніми рядками зверху і знизу. Після кожного розділу специфікації необхідно залишати кілька вільних рядків для додаткових записів. Допускається резервувати номери позицій, які проставляють в специфікацію при заповненні резервних рядків.

У розділ «Документація» вносять документи, що становлять основний комплект конструкторських документів виробу, що специфікується, наприклад: складальне креслення для якого виконується специфікація або технічні умови тощо.

У розділ «Комплекси» вносять комплекси, що безпосередньо входять у виріб, на який складається специфікація (комплекс – два або більше виробів, не з'єднаних на підприємстві-виробнику складальними операціями, але призначених для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій).

Розділ «Складальні одиниці» заповнюється у разі, коли специфікований виріб складові частини, які з'єднуються між собою складальними операціями: згвинчуванням, зварюванням, спаюванням, розвальцюванням, запресуванням, склеюванням тощо.

У розділі "Деталі" перераховуються всі оригінальні деталі, на які повинні бути випущені робочі кресленики. Кожному кресленнику деталі надається номер, який записується у графі «Позначення». Якщо частина деталей не викреслюється, то у графі «Формат» для таких деталей вказується БК (без креслення), а у графі «Найменування» вказують

найменування деталі та матеріал, а також розміри, необхідні для їх виготовлення.

У розділі «Стандартні вироби» записуються вироби, що застосовуються за державними стандартами: у межах кожної категорії стандартів запис треба проводити спочатку за групами виробів, об'єднаних за їх функціональним призначенням (підшипники, вироби з кріплення, електротехнічні вироби тощо). У межах кожної групи запис треба проводити в алфавітному порядку найменувань виробів, а у межах кожного найменування – у порядку зростання позначень стандартів, наприклад:

Болт M12×65 ДСТУ ГОСТ 7796:2008; Болт M12×65 ДСТУ ГОСТ 7798:2008.

У межах кожного стандарту запис треба проводити у порядку зростання основних параметрів чи розмірів виробу, наприклад:

Болт M10×55 ДСТУ ГОСТ 7798:2008; Болт M12×75 ДСТУ ГОСТ 7798:2008;

Болт M20×45 ДСТУ ГОСТ 7798:2008.

Якщо вироби виготовляються за одним стандартом, тоді допускається спрощення, наприклад:

Болти ДСТУ ГОСТ 7798:2008

M10×55

M12×75

M20×45,

тобто. допускається загальну частину найменування виробу записати один раз у вигляді загального заголовка.

У розділі «Інші вироби» перераховують вироби, умови виготовлення яких не обумовлені основними конструкторськими документами або найменування та умовні позначення виробів відповідають документам на їхнє постачання. Наприклад, електродвигун, гальмівна камера, редуктор тощо. У примітці слід зазначити їх основні характеристики.

У розділі «Матеріали» наводять позначення матеріалів, які безпосередньо входять у специфікований виріб, у такому порядку: чорні метали, кольорові метали, пластмаси тощо. Не записують матеріали, кількість яких не може бути встановлена конструктором, а встановлюється технологом (лаки, фарби, клей, мастильні матеріали, замазки, електроди та інших.), їх записують у технічних вимогах на полі креслення.

У розділ «Комплекти» входить відомість експлуатаційних документів, відомість для ремонту та комплекти, що застосовуються за конструкторськими документами, які безпосередньо входять у специфікований виріб, а також упаковка.

Графи специфікації заповнюють так:

- у графі «Формат» вказують формати складального та робочих креслень;
- у графі «Поз.» вказують порядкові номери складових частин – деталей;
- у графі «Позначення» – номери складального та робочих креслень;
- у графі «Найменування» вказують «Складальне креслення», назви деталей.

Допускається поєднувати специфікацію та складальне креслення на листах будь-якого формату для виробів одиничного виробництва разового виконання. Тоді специфікацію розташовують над основним написом креслення і поєднаному кресленню дають позначення основного конструкторського документа, тобто креслення.

7 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОРЯДКУ ЗАХИСТУ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Зброшурована пояснювальна записка та кресленики вкладаються до папки, на титульну сторінку якої наклеюється аркуш з заголовком „Курсовий проєкт” (Додаток И).

На внутрішній стороні папки розміщують „Опис вкладень” (Додаток К).

Курсовий проєкт захищається після перевірки керівником курсового проєкту всіх розділів та креслень, про що свідчать підписи керівника та студента у штампах пояснювальної записки і креслеників та на титульних аркушах записки.

8 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ З РОЗРАХУНКОВОЇ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

8.1 Розрахункові параметри і допустимі напруження

Наведені визначення і величини відповідають ГОСТ 34233.1–2017 [6] і СОУ МПП 71.120-217:2009 [7].

Температура

Розрахункову температуру t використовують для визначення фізико-механічних характеристик матеріалу й допустимих напружень, а також при розрахунку на міцність з урахуванням температурного впливу.

Розрахункову температуру визначають на підставі теплотехнічних розрахунків або результатів випробувань, а також на підставі досвіду експлуатації аналогічних посудин.

За розрахункову температуру стінки посудини або апарата припускають найбільше значення температури стінки елемента з урахуванням температурних умов, які очікуються при експлуатації. Якщо робоча температура середовища нижча за 20 °С, тоді за розрахункову температуру для визначення допустимих напружень беруть температуру 20 °С.

Якщо неможливо виконати теплові розрахунки або вимірювання та якщо під час експлуатації температура стінки підвищується до температури стичного середовища, то за розрахункову температуру належить брати найбільшу температуру середовища, але не нижче 20 °С.

Для обігрівання відкритим полум'ям, відпрацьованими газами або електронагрівниками розрахункова температура має бути більшою від температури середовища на 20 °С у разі закритого обігрівання й більшою на 50 °С у разі відкритого обігрівання, якщо немає точніших даних.

Тиск

Під *робочим тиском* $p_{роб}$ для посудини та апарата належить розуміти максимальний внутрішній надлишковий або зовнішній тиск, що виникає за нормального проходження робочого процесу без урахування гідростатичного тиску середовища та допустимого короточасного підвищення тиску під час дії запобіжного клапана або інших запобіжних пристроїв.

Під *розрахунковим тиском* p у робочих умовах для елементів посудин і апаратів слід розуміти тиск, на який виконують їх розрахунок на міцність.

Розрахунковий тиск для елементів посудини або апарата беруть зазвичай таким, що дорівнює або вище від робочого тиску.

З підвищенням тиску в посудині або апараті під час дії запобіжних пристроїв більш ніж на 10 %, порівняно з робочим, елементи апарата мають бути розраховані на цей тиск. Якщо в посудині або апараті під час дії запобіжних пристроїв тиск підвищується не більше ніж на 10 %, порівняно з робочим, тоді в розрахунках елементів це не враховується.

Для елементів, що розділяють простори з різними тисками (наприклад, в апаратах з теплообмінними оболонками), як розрахунковий тиск належить брати або послідовно тиск у кожному просторі, або тиск, що потребує більшої товщини стінки. Якщо забезпечується одночасна дія тисків, тоді допускається виконувати розрахунок на різницю цих тисків. Різницю тисків застосовують як розрахунковий тиск також для елементів, які відокремлюють простори з внутрішнім надлишковим тиском від простору з абсолютним тиском, що менший від атмосферного. Якщо немає точних даних про різницю між абсолютним тиском і атмосферним, тоді абсолютний тиск припускають таким, що дорівнює нулю.

Якщо на елемент посудини або апарата діє гідростатичний тиск, що дорівнює 5 % від робочого й більше, то розрахунковий тиск для цього елемента потрібно підвищити на це значення.

Під *пробним тиском* у посудині або апараті належить розуміти тиск, за якого випробовують посудину або апарат.

Для всіх посудин, за винятком литих, пробний тиск визначають за формулою

$$p_{\text{п}} = 1,25 p \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]},$$

де p – розрахунковий тиск, МПа; $[\sigma]_{20}$ – допустиме напруження за температури 20 °С, МПа; $[\sigma]$ – допустиме напруження за розрахункової температури, МПа.

Відношення $[\sigma]_{20}/[\sigma]$ беруть за тим з використаних матеріалів елементів посудини (обичайки, днища, фланці, кріпильні елементи, патрубки та ін.), для якого воно найменше.

Для литих посудин, а також деталей, що виготовлені з литва, пробний тиск визначають за формулою

$$p_{\text{п}} = 1,5 p \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}.$$

Гідравлічні випробування криогенних посудин за наявності вакууму в ізоляційному просторі мають бути проведені пробним тиском (МПа), що визначають за формулою

$$p_{\text{п}} = 1,25 p - 0,1.$$

Під *розрахунковим тиском* в умовах випробування для елементів посудин або апаратів слід розуміти тиск, якому вони піддаються під час пробного випробування, включаючи гідростатичний тиск, якщо він дорівнює 5 % або більше від пробного тиску.

Під умовним тиском p_y належить розуміти найбільший надлишковий тиск за температури середовища 293 К (20 °С), відповідно до якого допустима тривала робота обладнання, що має задані розміри, обґрунтовані розрахунками на міцність обраних матеріалів за характеристиками їх міцності, відповідних температурі 293 К (20 °С).

Примітка. Для арматури та з'єднань трубопроводів застосовують номінальний тиск – літерно-числове позначення, що характеризує надлишковий тиск, за якого забезпечується заданий термін експлуатації арматури та з'єднань трубопроводів за температури робочого середовища 293 К (20 °С). Позначення номінального тиску складається з літерного сполучення «PN» і числової частини, що є значенням тиску в кгс/см².

ДСТУ ISO 72686:2009 установлює такий ряд числових значень позначення номінальних тисків: 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000.

Навантаження

Як розрахункові зусилля й моменти беруть діючі для відповідного стану навантаження (наприклад, під час експлуатації, випробування або монтажу), внутрішні зусилля й моменти, що виникають від дії власної маси посудини або апарата, маси робочого середовища, інерційних навантажень, навантажень від реакції опор і приєднаних трубопроводів, сейсмічних, вітрових, снігових та інших зовнішніх навантажень.

Розрахункові зусилля й моменти від вітрових, сейсмічних та інших зовнішніх навантажень визначають за ГОСТ 34283–2017.

Допустиме напруження

Допустиме напруження $[\sigma]$ для розрахунку за граничними навантаженнями посудин і апаратів, що працюють в умовах статичних одноразових навантажень або багаторазових статичних навантажень, коли кількість циклів навантаження від тиску, температурних деформацій або інших дій не перевищує 10^3 , визначають за формулами:

– для вуглецевих і низьколегованих сталей

$$[\sigma] = \eta \min \left(\frac{R_T \text{ або } R_{0,2}}{n_T}; \frac{R_B}{n_B}; \frac{R_{Д \cdot 10^5}}{n_D}; \frac{R_{1\% \cdot 10^5}}{n_{П}} \right);$$

– для аустенітних сталей

$$[\sigma] = \eta \min \left(\frac{R_{1,0}}{n_T}; \frac{R_B}{n_B}; \frac{R_{Д \cdot 10^5}}{n_D}; \frac{R_{1\% \cdot 10^5}}{n_{П}} \right).$$

де η – поправковий коефіцієнт; R_T – границя плинності за розрахункової температури, МПа; $R_{0,2}$ – мінімальне значення умовної границі плинності за розрахункової температури (напруження, за якого залишкове видовження становить 0,2 %), МПа; $R_{1,0}$ – мінімальне значення умовної границі плинності за розрахункової температури (напруження, за якого залишкове видовження становить 1 %), МПа; R_B – мінімальне значення тимчасового опору (границі міцності) за розрахункової температури, МПа; $R_{Д \cdot 10^5}$ – середнє значення границі тривалої міцності за 10^5 год. за розрахункової температури, МПа; $R_{1\% \cdot 10^5}$ – середня 1 %-ва границя повзучості за 10^5 год за розрахункової температури, МПа; n_T – коефіцієнт запасу міцності за границею плинності; n_B – коефіцієнт запасу міцності за границею міцності; n_D – коефіцієнт запасу міцності за границею тривалої міцності; $n_{П}$ – коефіцієнт запасу міцності за границею повзучості.

Визначаючи кількість циклів навантаження, не враховують коливання навантаження близько 15 % від розрахункового.

Границю повзучості використовують для визначення допустимого напруження у випадках, коли немає даних про границю тривалої міцності або в умовах експлуатації треба обмежити величину деформації (переміщення).

Для умов випробування допустимі напруження для вуглецевих і низьколегованих сталей визначають за формулою

$$[\sigma] = \eta \frac{R_T^{20} \text{ або } R_{0,2}^{20}}{n_T},$$

а для аустенітних сталей за формулою

$$[\sigma] = \eta \frac{R_{0,2}^{20} \text{ або } R_{1,0}^{20}}{n_T}.$$

Індекс «20» у наведених розрахункових формулах означає, що наведені границі міцності визначають за температури 20 °С.

Значення коефіцієнтів запасу міцності n_T , n_B , n_D , n_P мають відповідати поданим у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1. Значення коефіцієнтів запасу міцності залежно від умов навантаження

Умова навантаження	Коефіцієнт запасу міцності			
	n_T	n_B	n_D	n_P
Робочі умови	1,5	2,4	1,5	1,0
Умови випробування:				
гідравлічні випробування	1,1	—	—	—
пневматичні випробування	1,2	—	—	—
Умови монтажу	1,1	—	—	—

Для посудин та апаратів груп 3, 4 коефіцієнт запасу міцності за границею міцності n_B допускають таким, що дорівнює 2,2.

Розрахунок на міцність для умов випробувань виконувати не треба, якщо розрахунковий тиск в умовах випробування буде меншим, ніж розрахунковий тиск у робочих умовах, помножений на $1,35 [\sigma]_{20} / [\sigma]$.

Поправочний коефіцієнт для допустимих напружень $\eta = 1$ за винятком сталевих виливок; для виливок, що підлягають індивідуальному методу неруйнівного контролю $\eta = 0,8$; для інших виливок $\eta = 0,7$.

Для сталей, що широко використовують у хімічному, нафтохімічному й нафтопереробному машинобудуванні, допустимі напруження для робочих умов, якщо $\eta = 1$, наведено у Додатку Л.

Дозволяється допустиме напруження за температури 20 °С визначати за вищенаведеними формулами відповідно до гарантованих значень механічних характеристик згідно зі стандартами або технічними умовами на сталі з урахуванням товщини листового прокату. У разі підвищених температур допустимі напруження з урахуванням товщини прокату і груп міцності сталі дозволяється визначати відповідно до затвердженої нормативно-технічної документації.

Для посудин і апаратів високого тиску допустиме напруження при розрахунку за граничними навантаженнями конструктивних елементів з вуглецевих, низьколегованих і середньолегованих сталей визначають за формулою:

$$[\sigma] = \min \left(\frac{R_T \text{ або } R_{0,2}}{n_T}; \frac{R_B}{n_B} \right),$$

Коефіцієнти запасу міцності повинні відповідати тим, що наведені у таблиці 8.2.

Таблиця 8.2. Значення коефіцієнтів запасу міцності

Умови навантаження	Коефіцієнт запасу міцності	
	n_T	n_B
Робочі умови	1,5	2,4
Умови випробування	1,1	—

8.2 Рекомендації щодо виконання розрахунків

Дисципліна «Розрахунок і конструювання типового обладнання» складається з 3 кредитних модулів:

- Розрахунок і конструювання обладнання-1. Розрахунок та конструювання основних елементів посудин та апаратів;
- Розрахунок і конструювання обладнання-2. Розрахунок і конструювання елементів обладнання галузі;
- Розрахунок і конструювання обладнання-3. Розрахунок і конструювання елементів спеціального обладнання.

Виконання курсового проекту здійснюється після вивчення перших двох кредитних модулів.

Для виконання необхідних розрахунків рекомендується використовувати дійсні в наш час стандартні розрахункові залежності, які наведені в сучасних посібниках і подані нижче.

Таблиця 8.3. Рекомендована література для виконання розрахунків з курсової роботи

Вид розрахунку	Література
<p>Розрахунок на міцність при дії внутрішнього тиску. Розрахунок циліндричної обичайки. Розрахунок еліптичних, напівсферичних та торосферичних днищ. Розрахунок конічних днищ та переходів. Розрахунок плоских днищ та кришок. Розрахунок гладкої циліндричної обичайки, навантаженої зовнішнім тиском. Розрахунок обичайок в крайовій зоні. Визначення крайових навантажень. Розрахунок міцності обичайки в крайовій зоні. Обичайки, навантажені осьовою силою. Втрата місцевої та загальної стійкості при навантаженні осьовою стискаючою силою. Циліндричні обичайки, навантажені вигинаючим моментом та поперечною силою. Розрахунок обичайки при сумісній дії зовнішнього тиску, осьової сили, згинаючого моменту та поперечної сили. Вплив отворів на міцність обичайок. Взаємний вплив отворів. Отвори, які не потребують укріплення. Методи укріплення отворів. Розрахунок геометричних розмірів деталей укріплення отворів. Розрахунок роз'ємних міцно-щільних з'єднань.</p>	<p>1 Андреев И. А. Роз'ємні міцно-щільні з'єднання: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньо-професійної програми «Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 138 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35927.</p> <p>2 Андреев И. А. Укріплення отворів в посудинах та апаратах: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньо-професійної програми «Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 72 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42254.</p> <p>3 Андреев И. А. Конструювання і розрахунок елементів тонкостінних посудин та апаратів, які знаходяться під зовнішніми навантаженнями: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 121 с. URL: http://ela.kpi.ua/handle/123456789/23885.</p> <p>4 Андреев И. А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском: навч. посіб. Київ: НТУУ „КПІ”, 2011. 272 с.</p>

Вид розрахунку	Література
<p>Розрахунок міцності та стійкості трубної решітки, кожуха і труб, міцності компенсатора кожухотрубного теплообмінника.</p> <p>Конструктивний розрахунок трубних решіток. Перевірка міцності кріплення труб в решітці кожухотрубного теплообмінника. Розрахунок температурних зусиль. Конструкції і розрахунок інших теплообмінних апаратів.</p> <p>Розрахунок колонних апаратів. Розрахунок тарілок на міцність та жорсткість. Навантаження на корпус колонного апарата. Визначення вітрового навантаження. Згинаючий момент в перерізах колонного апарата. Розрахунок корпусу та опорної обичайки колонного апарата.</p> <p>Розрахунок посудин та апаратів високого тиску. Температурні напруження та їх урахування при розрахунку на міцність. Розрахунок затворів, днищ, кришок і шпильок товстостінних посудин.</p>	<p>1 Андреев І. А. Конструювання і розрахунок кожухотрубних теплообмінників]: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 140 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/50426.</p> <p>2 Андреев І. А. Розрахунок колонних апаратів на міцність і стійкість: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньо-професійної програми «Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38716.</p> <p>3 Андреев І. А., Мікульонок І. О. Розрахунок лінзових і сильфонних компенсаторів: навч. посіб. Київ: НТУУ „КПІ”, 2008. 88 с.</p> <p>4 Андреев І. А., Зубрій О. Г. Конструювання та розрахунок апаратів високого тиску: навч. посіб. Київ: МО України, Інститут змісту і методів навчання, НТУУ “КПІ”, 1999. 144 с.</p> <p>5 Андреев І. А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском: навч. посіб. Київ: НТУУ „КПІ”, 2011. 272 с.</p>

Вид розрахунку	Література
<p>Розрахунок обичайок вертикальних апаратів на дію опорних навантажень. Розрахунок обичайок горизонтальних апаратів на дію опорних навантажень. Конструювання та розрахунок стропових пристроїв перевірка обичайок на дію навантажень від стропових пристроїв. Розрахунок технологічних трубопроводів.</p>	<p>1 Андреев И. А. Конструювання і розрахунок опорних вузлів посудин і апаратів хімічних виробництв: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньо-професійної програми «Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 94 с.</p> <p>2 Андреев И. А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском: навч. посіб. Київ: НТУУ „КПІ”, 2011. 272 с.</p> <p>3 Игор Андреев. Розрахунок технологічних трубопроводів: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 104 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52475.</p>

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 ДСТУ ГОСТ 2.612:2014 Єдина система конструкторської документації. Електронний формуляр. Загальні вимоги. [Чинний від 2014-11-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=65855.

2 Андреев І. А., Мікульонок І. О. Розрахунок, конструювання та надійність обладнання хімічних виробництв: термінологічний словник. Київ: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2002. 216 с.

3 ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.

4 ДСТУ ГОСТ 2.104:2006. Єдина система конструкторської документації. Основні написи. [Чинний від 2006-09-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.

5 Степанюк А.Р., Зубрій О.Г. Конструкторське проектування обладнання: курсовий проект: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 93 с. URL:

https://ci.kpi.ua/METODA/Proektuvannia_i_obladnia_kyrsovui_proekt.pdf.

6 ГОСТ 34233.1–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Общие требования. (Міждержавний стандарт). [Чинний від 2018-08-01]. Вид. офіц. М.: Стандартиформ, 2018. 30 с.

7 СОУ МПП 71.120–217:2009. Посудини та апарати сталеві зварні. Загальні технічні умови. (стандарт Міністерства промислової політики України). [Чинний від 2009-07-07]. Вид. офіц. К.: Міністерство промислової політики України, 2009. 339 с.

ДОДАТОК А

Зразок завдання на курсовий проєкт

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”

ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ЗАВДАННЯ

до курсового проєкту з розрахунків і конструювання обладнання

Виконавець: студент групи _____

шифр групи

ім'я і прізвище

1. Тема проєкту: Адсорбер

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту: _____ 202_ р.

3. Вихідні дані до проєкту: Розділенню підлягає ацетоно-повітряна суміш, концентрація ацетону у початковій суміші – ... кг/м³; продуктивність по суміші – ... кг/с; розрахунковий тиск – ... МПа; розрахункова температура всередині адсорбера – ... °С; адсорбент – вугілля; концентрація ацетону у суміші на виході з апарата – ... кг/м³; розміри апарата – ...

4. Перелік питань, які мають бути розроблені: Обґрунтувати конструкцію адсорбера; виконати вибір матеріалів для виготовлення апарата; виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність адсорбера.

4. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: адсорбер (формат А1), корпус апарата (формат А1), кришка (формат А2), днище (формат А2) та специфікації до креслень.

Завдання прийняв до виконання студент _____

підпис, дата

Керівник курсової роботи _____

посада, ім'я і прізвище

підпис, дата

ДОДАТОК Б

Зразок змісту курсового проєкту

Зміст

Вступ.....	
1 Огляд конструкцій [відповідного апарата або посудини].....	
1.1 Літературний огляд.....	
1.2 Патентний огляд.....	
2 Опис технологічного обладнання.....	
2.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	
2.2 Опис конструкції посудини або апарата.....	
3 Технічна характеристика посудини або апарата	
4 Розрахунки, які підтверджують працездатність та надійність конструкції.....	
4.1 Розрахунок [...] на міцність.....	
4.2. Розрахунок [...] на жорсткість.....	
4.3. Розрахунок [...] на стійкість.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додаток А.....	
Додаток Б.....	

						ЛН...XXXXXX.001 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	[Назва КП]			Літера	Арквнш	Арквнів
Розроб.										
Перевірв.										
Реценз.										
Н. Контр.										
Затв.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ					

ДОДАТОК В
Зразок титульного листа
пояснювальної записки курсового проєкту

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до курсового проєкту з розрахунків і конструювання обладнання

на тему:

АДСОРБЕР

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

за освітньо-професійною програмою

«Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної
інженерії»

Виконав студент групи _____

шифр групи

ім'я і прізвище

підпис, дата

Керівник проєкту _____

посада, ім'я і прізвище

підпис, дата

Київ 2024

ДОДАТОК Г

Основні стандартизовані і загальноживані в науково-технічній літературі терміни та визначення

Галузь застосування багатозначного терміну в цьому розділі подана в круглих дужках світлим шрифтом після терміну. Позначка не є частиною терміну. Стандартизовані терміни наведено напівжирним шрифтом, їх коротка форма, а також терміни-синоніми, які подані як довідкові і не є стандартизованими, – світлим, а недопустимі до вживання синоніми – курсивом. Узята в круглі дужки частина терміну може бути вилучена в разі використання терміну в документах із стандартизації. Використання термінів-синонімів не рекомендується. Недозволені до вживання терміни-синоніми наведені у лівій колонці в круглих дужках після основного терміну з позначкою "Нд". Наявність квадратних дужок означає, що до неї включено два (три) терміни, які мають спільні терміноелементи.

Агрегат	Складальна одиниця, що має повну взаємозамінність, яку можна скласти окремо від інших частин виробу чи виробу в цілому і яка може виконувати призначену функцію у виробі або діяти самостійно (ДСТУ 2390–94)
Апарат хімічних виробництв	Ємність, призначена для ведення хімічних, теплових та інших технологічних процесів, а також для зберігання та транспортування газоподібних, рідких та інших речовин
•Аппарат химических производств	
Арматура (трубопроводна загальнопромислового призначення)	Сукупність пристроїв і приладів, установлюваних на трубопроводах та ємностях, які забезпечують керування потоком робочого середовища шляхом змінювання прохідного перерізу (ДСТУ 2611–94)

Балон	Посудина, яка має одну або дві горловини для установлення клапанів, фланців або штуцерів і призначена для транспортування, зберігання й використання стиснених, зріджених або розчинених під тиском газів (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Бочка	Посудина циліндричної або іншої форми, яку можна перекочувати з одного місця на інше й ставити на торці без додаткових опор і яка призначена для транспортування, зберігання рідких та інших речовин (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Вид навантажування	Класифікаційне угруповання способів навантажування, що утворюють в об'єкті заданий напружено-деформований стан (ДСТУ 2824-94)
Вікно оглядове	Пристрій, який дозволяє здійснювати спостереження за робочим середовищем (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Вісь напружень головна	Пряма, перпендикулярна головній площадці (ДСТУ 2825-94)
Втома (матеріалу)	Процес поступового накопичення пошкоджень, утворення та розвитку тріщин у матеріалі під дією циклічного навантажування (ДСТУ 2825-94) Процес поступового нагромадження пошкоджень матеріалу під дією змінних напружень, який призводить до зміни властивостей, появи тріщин, їх розвитку та руйнування матеріалу (ДСТУ 2860-94)
Втрати корозійні	Кількість металу, що перетворюється на продукти корозії за визначений час (ДСТУ 3830-98), (ДСТУ 2733-94)
Вузол	Складальна одиниця, яка може складатися окремо від інших складових частин виробу чи виробу в цілому та виконувати певну функцію у виробі одного призначення лише разом з іншими складовими частинами (ДСТУ 2390-94)
Гайка	Кріпильний виріб з різьбовим отвором і конструктивним елементом, який сприймає крутний момент (ДСТУ 2412-94)

Гвинт	Кріпильний виріб у формі стрижня із зовнішньою різьбою на одному кінці й головкою чи іншим елементом, який передає крутний момент, на другому кінці (гвинт служить для з'єднання чи фіксації деталей з різьбовим отвором в одній із деталей) (див. також ДСТУ 2412–94)
Границя витривалості, σ_R; τ_R (Нд. <i>Межа витривалості</i>)	Максимальне за абсолютним значенням напруження циклу, за якого ще не відбувається втомне руйнування матеріалу протягом заданої кількості циклів навантажування (ДСТУ 2825–94)
Границя корозійної втоми	Найбільше механічне напруження, яке після певної кількості циклів навантаження та заданих корозійних умов ще не зруйновує метал (ДСТУ 3830–98)
Границя міцності (Нд <i>Межа міцності</i>)	Умовне напруження, що відповідає найбільшому навантаженню, досягнутому до поділу зразка на частини (ДСТУ 2825–94)
Границя плинності (умовна)	Напруження, за якого залишкова деформація зразка досягає обумовленої нормативно-технічними документами величини (ДСТУ 2825–94)
Границя плинності фізична (Нд <i>Межа плинності, границя текучості, межа текучості</i>)	Найменше умовне напруження, за якого зразок деформується без помітного збільшення навантаження (ДСТУ 2825–94)
Границя повзучості (Нд. <i>Межа повзучості</i>)	Напруження, за якого швидкість деформації повзучості або деформація повзучості за визначений час (за умовою) дорівнює заданій (ДСТУ 2825–94)
Границя пропорційності (Нд <i>Межа пропорційності</i>)	Найбільше умовне напруження, за якого з обумовленим відхиленням зберігається лінійна залежність між напруженнями і деформаціями у зразку (ДСТУ 2825–94)
Границя пружності (Нд <i>Межа пружності</i>)	Найбільше умовне напруження, за якого з обумовленим відхиленням зберігається пружність у разі деформування зразка (ДСТУ 2825–94)

Границя тривалої міцності (Нд Межа довгочасної міцності)	Напруження, за якого зразок досягає поділу на частини за обумовлений час дії навантаження (ДСТУ 2825–94)
Деформація	Відносна величина взаємного зміщення точок об'єкта в результаті його деформування (ДСТУ 2825–94)
Деформування	Процес взаємного зміщення точок об'єкта під час його навантажування (ДСТУ 2825–94)
Дифузор	Фасонна частина для плавного збільшення перерізу трубопроводу (ДСТУ 2388–94)
Діаметр номінальний	Параметр, що використовується як характеристика, загальна для всіх компонентів трубопроводів, крім таких, що характеризуються зовнішнім діаметром або діаметром різьби (ДСТУ 2485–94). Номінальний діаметр приблизно дорівнює внутрішньому діаметра трубопроводу в міліметрах і не має розмірності. Позначення номінального діаметра складається з літерного сполучення DN і числа, що вибирається з ряду, наведеного в ГОСТ 28338–89, яке приблизно дорівнює внутрішньому діаметра трубопроводу в міліметрах (так, номінальний діаметр компонентів трубопроводів з внутрішнім діаметром приблизно 125 мм повинен позначатися DN125)
Днище	Незнімна частина корпусу посудини, яка обмежує внутрішню порожнину з торця (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Довговічність	Властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу в граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту (ДСТУ 2860–94)
Елемент посудини	Складальна одиниця посудини, призначена для виконання однієї з основних функцій посудини (СОУ МПП 71.120-217:2009)

Заглушка	Знімна деталь, яка дозволяє герметично закривати отвори штуцера або бобишки (СОУ МПП 71.120-217:2009)
З'єднання зварне; Звар	Нерознімне з'єднання заготовок, яке виконується зварюванням (ДСТУ 3761.3-98)
З'єднання пресове	З'єднання складових частин виробу з гарантованим натягом, який утворюється внаслідок того, що розмір охоплюваної деталі більший від відповідного розміру охоплювальної деталі (ДСТУ 2390-94)
З'єднання різьбове	З'єднання складових частин виробу із застосуванням деталі, що має різьбу (ДСТУ 2390-94)
З'єднання розвальцьоване	З'єднання складових частин виробу шляхом розширення охоплюваної деталі або стиснення охоплювальної деталі (ДСТУ 2390-94)
З'єднання рознімне (Нд З'єднання розбірне)	З'єднання, яке розбирається без порушення цілісності складових частин виробу (ДСТУ 2390-94)
З'єднання спаяне	З'єднання, утворене паянням (ДСТУ 3761.4-98)
З'єднання фальцьоване	З'єднання складових частин виробу шляхом сумісного загинання їхніх країв (ДСТУ 2390-94)
З'єднання фланцеве	Нерухоме рознімне з'єднання оболонок, герметичність якого забезпечується шляхом стискання ущільнювальних поверхонь безпосередньо одна з одною або за допомогою розміщених між ними прокладок із більш м'якого матеріалу, стиснених кріпильними деталями (СОУ МПП 71.120-217:2009). З'єднання складових частин виробу із застосуванням фланців (ДСТУ 2390-94)
Змійовик	Теплообмінний пристрій, виконаний у вигляді зігнутої труби (СОУ МПП 71.120-217:2009)

Клапан (Нд <i>Вентиль</i>)	Вид арматури, в якій перекривальний (регулювальний) елемент зворотно-поступально переміщується паралельно до осі потоку робочого середовища, що проходить крізь прохідний перетин (ДСТУ 2611–94)
Коефіцієнт Пуассона	Відношення абсолютних величин поперечної та поздовжньої лінійних деформацій за лінійного напруженого стану до границі пропорційності (ДСТУ 2825–94)
Коліно	Фасонна частина прямого трубопроводу, яка змінює напрямок руху потоку (ДСТУ 2388–94)
Компенсатор Температурний	Пристрій для компенсації різниці температурних розширень корпусу й теплообмінних труб (ДСТУ 2582–94)
Конфузор	Фасонна частина для плавного зменшення перерізу трубопроводу (ДСТУ 2388–94)
Концентрація Деформацій	Підвищення деформацій у місцях зміни форми або порушень, суцільності матеріалу (ДСТУ 2444–94)
Концентрація напружень	Підвищення напружень у місцях зміни форми або порушень, суцільності матеріалу (ДСТУ 2444–94)
Корпус	Основна складальна одиниця, яка складається з обичайок і днища (днищ) (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Кран (трубопровідний)	Вид арматури, в якій перекривальний (регулювальний) елемент, що має форму тіла обертання або частини його з отвором для пропускання потоку робочого середовища, повертається довкола власної осі, довільно розташованій відносно напрямку потоку, що проходить крізь прохідний перетин (поворотів перекривального (регулювального) елемента може передувати зворотно-поступальний рух) (ДСТУ 2611–94)
Кришка	Знімна частина посудини, яка закриває її внутрішню порожнину (СОУ МПП 71.120-217:2009)

Люк	Пристрій, який забезпечує доступ у внутрішню порожнину посудини (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Машина	Механічний пристрій, що здійснює рухи для перетворення енергії, матеріалів та інформації або пристрій, що виконує механічні рухи для перетворення енергії та матеріалів з метою заміни чи полегшення фізичної й розумової праці людини (ДСТУ 2410–94)
Місткість	Об'єм внутрішньої порожнини посудини, що визначається за заданими на кресленнях номінальними розмірами (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Міцність	Властивість матеріалу чинити опір навантаженням без руйнування (міцність матеріалу оцінюють границею міцності (тимчасовим опором) – максимальним умовним напруженням, яке витримує зразок) (ДСТУ 2860–94). Здатність матеріалу витримувати напруження без руйнування (ДСТУ 2825–94)
Модуль пружності під час зсуву (Нд <i>Модуль зсуву</i>)	Відношення дотичного напруження до відповідної кутової деформації за чистого зсуву до границі пропорційності (ДСТУ 2825–94)
Модуль пружності під час розтягу (Нд <i>Модуль Юнга</i>)	Відношення нормального напруження до відповідної лінійної деформації за лінійного напруженого стану до границі пропорційності (ДСТУ 2825–94)
Момент згинальний	Момент внутрішніх сил у перерізі об'єкта відносно осі, заданої в площині перерізу (ДСТУ 2825–94)
Момент крутний	Момент внутрішніх сил у перерізі об'єкта відносно заданої осі, нормальної щодо площини перерізу (ДСТУ 2825–94)
Навантаження	Чинник або сукупність чинників, дія яких на об'єкт призводить до зміни його напружено-деформованого стану (ДСТУ 2825–94)

Напруження	Вектор внутрішніх сил, що діють на одиницю площі данної елементарної площадки під час стягування її у точку (ДСТУ 2825–94)
Напруження головне	Нормальне напруження, що діє на головній площадці (ДСТУ 2825–94)
Напруження граничне	Найменше значення напруження, яке призводить до недопустимих деформацій об'єкта або його руйнування (ДСТУ 2825–94)
Напруження допустиме	Відношення граничного напруження до коефіцієнта запасу міцності, регламентованого нормативними документами (ДСТУ 2825–94)
Напруження дотичне	Складова вектора напруження, що лежить у площині елементарної площадки його дії (ДСТУ 2825–94)
Напруження нормальне	Складова вектора напруження, спрямована по нормалі до елементарної площадки його дії (ДСТУ 2825–94)
Обичайка	Оболонка замкнутого (звичайно циліндричного) профілю, відкрита з торців (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Оболонка	Об'єкт, обмежений двома поверхнями, відстань між якими значно менша від інших його розмірів (ДСТУ 2825–94)
Опір втомі	Властивість матеріалу протистояти втомі (ДСТУ 2442–94), (ДСТУ 2444–94), (ДСТУ 2860–94)
Опір розвитку тріщини	Міра опору матеріалу сталому росту тріщини під час одноразового (короткочасного) навантаження, що виражається величиною одного з параметрів механіки руйнування (ДСТУ 2442–94)
Опора	Пристрій для встановлення посудини в робочому положенні й передавання навантажень від посудини на фундамент або несучу конструкцію (СОУ МПП 71.120-217:2009)

Площадка головна	Елементарна площадка, на якій дотичні напруження відсутні (ДСТУ 2825–94)
Повзучість	Необоротне зростання деформацій у матеріалі з часом під дією навантаження (ДСТУ 2825–94)
Посудина	Герметично закрита ємкість, призначена для ведення хімічних, теплових та інших технологічних процесів, а також для зберігання та транспортування газоподібних, рідких та інших речовин. Межами посудини є вхідні та вихідні штуцери (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Пружність	Здатність матеріалу повністю відновлювати недеформований стан після усунення напружень (ДСТУ 2825–94)
Пучок трубний	Частина теплообмінника, яка складається з теплообмінних труб, трубних решіток і перегородок (ДСТУ 2582–94)
Резервуар	Стаціонарна посудина, призначена для зберігання газоподібних, рідких та інших речовин (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Релаксація напружень	Довільне зменшення напружень у матеріалі, пов'язане з перерозподілом між пружною й пластичною деформаціями (ДСТУ 2328–93), (ДСТУ 2825–94)
Решітка трубна	Деталь теплообмінника (випарного апарата тощо) з отворами для вставлення й закріплення в них теплообмінних труб (ДСТУ 2582–94)
Розподіл навантаження [напруження, деформації]	Сукупність значень, навантаження [напруження, деформації] чи їх частостей, яка визначає міру імовірності кожної величини (ДСТУ 2444–94)

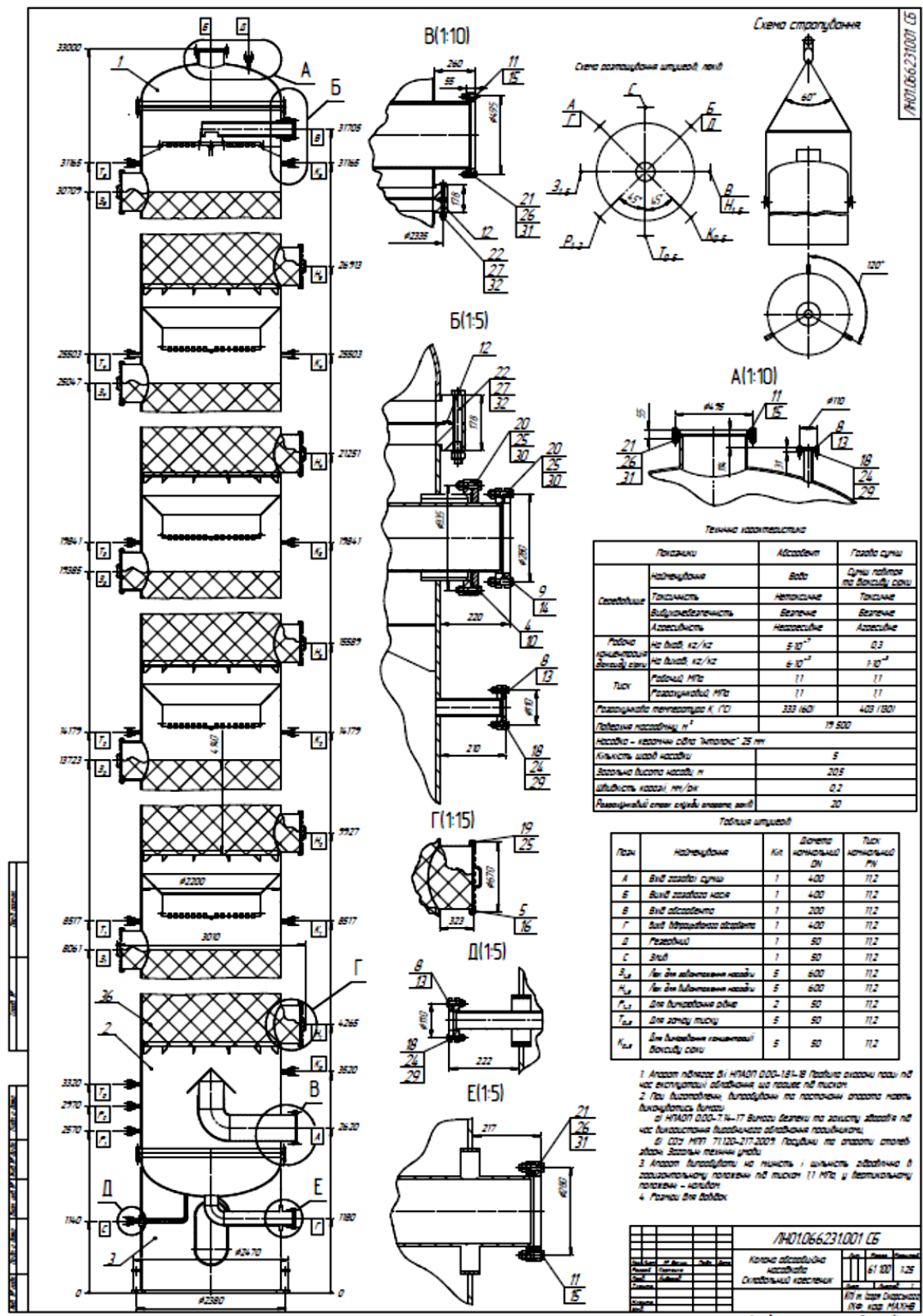
Сила зовнішня	Механічна дія на об'єкт розрахунку з боку об'єкта, усуненого під час розрахункової схематизації (ДСТУ 2825–94)
Сила нормальна	Поздовжня складова рівнодійної внутрішніх сил у перерізі об'єкта (ДСТУ 2825–94)
Сила поверхнева	Зовнішня сила, розподілена по поверхні об'єкта розрахунку (ДСТУ 2825–94)
Сила поперечна	Дотична складова рівнодійної внутрішніх сил у перерізі об'єкта (ДСТУ 2825–94)
Стрижень	Об'єкт, довжина якого значно перевищує інші його розміри (ДСТУ 2825–94)
Тиск внутрішній	Надлишковий тиск, який діє на внутрішню поверхню стінки посудини (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Тиск дозволений	Максимально допустимий тиск посудини, встановлений за результатами розрахунку на міцність і технічного огляду або діагностування (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Тиск зовнішній	Надлишковий тиск, який діє на зовнішню поверхню стінки посудини (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Тиск надлишковий	Різниця абсолютного тиску й тиску навколишнього середовища, показаного барометром (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Тиск номінальний (Нд <i>Тиск умовний</i>)	Літерно-числове позначення, що характеризує надлишковий тиск, за якого забезпечується заданий термін служби арматури та з'єднань трубопроводів за температури робочого середовища 293 К (20 °С) (ДСТУ 3543–97). Позначення тиску складається з літерного сполучення «PN» та числової частини, що є значенням тиску в кг/см ² , на якій проведено розрахунок на міцність арматури та з'єднань трубопроводів за характеристиками міцності вибраних матеріалів, що відповідають температурі 293 К (20 °С) (наприклад, PN10)

Тиск пробний	Надлишковий тиск, при якому повинно проводитись гідравлічне випробування посудини або її елементів на міцність (щільність) (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Тиск робочий	Максимальний надлишковий тиск за нормальних умов експлуатації (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Тиск розрахунковий	Максимальний надлишковий тиск, на який здійснюється розрахунок посудини на міцність (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Тиск умовний	Розрахунковий тиск при температурі 20 °С, який використовується при розрахунку на міцність стандартних посудин (вузлів, деталей, арматури) (СОУ МПП 71.120-217:2009).
Труба	Виріб відносно великої довжини кільцеподібної, овальної, багатокутної чи іншої форми порожнистого поперечного перерізу з повністю замкненим контуром (ДСТУ 2643–94)
Трубчатка	Частина теплообмінника, яка складається з трубного пучка й корпусу (кожуха) (ДСТУ 2582–94)
Цистерна	Пересувна посудина, яка постійно встановлена на рамі залізничного вагона, на шасі автомобіля (причепи) або на інших засобах пересування, та призначена для перевезення й зберігання газоподібних, рідких та інших речовин (СОУ МПП 71.120-217:2009)
Шайба	Кріпильний виріб з отвором, який підкладається під гайку або головку болта чи гвинта для збільшення опорної поверхні або запобігання самовідгвинчуванню (ДСТУ 2412–94)
Швидкість деформації	Швидкість зміни форми або розмірів тіла (ДСТУ 2328–93) Зміна деформації за одиницю часу (ДСТУ 2824–94), (ДСТУ 2825–94)
Швидкість деформування	Швидкість взаємного зміщення точок об'єкта під час його деформування (ДСТУ 2824–94), (ДСТУ 2825–94)

Швидкість навантаження	Зміна величини параметра механіки руйнування за одиницю часу (ДСТУ 2442–94)
Швидкість навантажування	Зміна навантаження за одиницю часу (ДСТУ 2824–94), (ДСТУ 2825–94)
Шпилька	Кріпильний виріб у формі стрижня з різьбою на обох кінцях, на усій довжині стрижня або на одному кінці стрижня (див. також ДСТУ 2412–94)
Шплінт	Кріпильний виріб у формі стрижня з дроту напівкруглого перерізу, складеного удвічі з кінцями різної довжини та утворенням головки (див. також ДСТУ 2412–94)
Штифт	Кріпильний виріб у формі циліндричного чи конічного стрижня, який служить для фіксації деталей при складанні (див. також ДСТУ 2412–94)
Штуцер	Елемент, призначений для приєднання до посудини трубопроводів, трубопровідної арматури, контрольно-вимірювальних приладів тощо (СОУ МПП 71.120-217:2009); штуцер звичайно складається з патрубка та фланця

ДОДАТОК Д

Приклад виконання складального креслення



ДОДАТОК Е

Класифікатор ЄСКД

(редагована версія для використання в навчальному процесі)

КЛАС 06

Таблиця Е.1. Обладнання гідромеханічних, теплових, масообмінних процесів [5]

КЛАС 060000	Обладнання гідромеханічних, теплових, масообмінних процесів			
ПІДКЛАС 065000	Обладнання теплових процесів			
ГРУПА 065100	Апарати та пристрої теплообмінні для нагріву, охолодження, випарювання, конденсації поверхневого типу			
ПІДГРУПА	ВИД			
065110 Теплообмінники та холодильники кожухотрубні	065111	Теплообмінники	з нерухомими трубними решітками	
	065112		з температурним компенсатором на кожусі	
	065113		з плаваючою головкою	без компенсатора
	065114			з компенсатором
	065115		з U-подібними трубами	
	065116	Холодильники	з нерухомими трубними решітками	
	065117		з температурним компенсатором на кожусі	
	065118		з плаваючою головкою	
	065119		Інші	
065120 Конденсатори кожухотрубні, кожухозмійовикові	065121	Кожухотрубні	з нерухомими трубними решітками	
	065122		з температурним компенсатором на кожусі	
	065123		з плаваючою головкою	
	065124	Кожухозмійовикові		
	065125			
	065126			
	065127			
	065128	Інші		
065129				

Продовження табл. Е.1

ПІДГРУПА	ВИД			
065130 Випарники кожухотрубні, кожухозмійовикові	065131	З гладкими трубами	з нерухомими трубними решітками	
	065132		з температурним компенсатором на кожусі	
	065133		з паровим простором	з U-подібними трубами
	065134			з плаваючою головкою
	065135	З оребреними трубами	з внутрішнім оребренням	
	065136		з зовнішнім оребренням	
	065137	Кожухозмійовикові		
	065138			
	065139			
065140 Теплообмінники, конденсатори, випарники пластинчасті, панельні	065141	Пластинчасті	нерозбірні, розбірні	блочні
	065142			суцільнозварні
	065143			на консольні рамі
	065144			на двохопорній рамі
	065145			на трёхопорній рамі
	065146			на двохопорній рамі з проміжною плитою
	065147	Напівзбіжні		
	065148	Панельні		
	065149	Інші		
065150 Теплообмінники сотові, "труба в трубі", "посудина в посудині", змійовикові, кожухозмійовикові	065151	Сотові		
	065152	"Труба в трубі"	однопоточні	
	065153		двух- та більш поточні	
	065154	"Посудина в посудині "		
	065155	Змійовикові	Погружні	
	065156		Зрошувальні	
	065157	Кожухозмійовикові	з реберними поверхнями теплообміну	
	065158		з реберними поверхнями теплообміну	
	065159	Інші		

Продовження табл. Е.1

ПІДГРУПА	ВИД		
065160 Теплообмінники графітові блочні, спіральні, реберні, з оболонкою на стінці апаратів	065161	Блочні	з циліндричними блоками
	065162		з прямокутними блоками
	065163	Кожухоблочні	
	065164	Спіральні	з глухими кромками каналу
	065165		з тупиковими кромками каналу
	065166		з наскрізними кромками каналу
	065167	Оребрені	
	065168	З оболонкою на стінці апаратів	
	065169	Інші	
065170 Конденсатори (окрім кожухотрубних та змійовикових), повітроохолоджувачі	065171	Конденсатори	трубнорєбристі
	065172		гладкотрубні
	065173		пластинчастєбристі
	065174	Повітроохолоджувачі	трубнорєбристі
	065175		гладкотрубні
	065176		пластинчастєбристі, пластинчасті та панельні
	065177	Інші	
065178			
065179			
065180 Повіронагрівачі з реберними поверхнями	065181	Пластинчасті	Одноходові
	065182		Багатоходові
	065183	Спіральноналивні	Одноходові
	065184		Багатоходові
	065185	Спіральнонакатні	Одноходові
	065186		Багатоходові
	065187	Інші	
	065188		
065189			
065190 Підігрівачі та випарники вогневі з пальниками та їх блоки	065191	Підігрівачі	прямого підігріву
	065192		з проміжним теплоносієм
	065193		з жаровими трубами
	065194	Випарники	
	065195	Блоки підігрівачів та випарників	
	065196	Інші	
	065197		
	065198		
065199			

Продовження табл. Е.1

КЛАС 060000	Обладнання гідромеханічних, теплових, масообмінних процесів		
ПІДКЛАС 065000	Обладнання теплових процесів		
ГРУПА 065200	Апарати повітряного охолодження		
ПІДГРУПА	ВИД		
065210 Горизонтальні	065211	З роз'ємними камерами секцій	одновентиляторні
	065212		двовентиляторні
	065213		трьохвентиляторні
	065214	З нероз'ємними камерами секцій	одновентиляторні
	065215		двовентиляторні
	065216		трьохвентиляторні
	065217	Інші	
	065218		
	065219		
065220 Горизонтальні з рециркуляцією повітря	065221	З роз'ємними камерами секцій	одновентиляторні
	065222		двовентиляторні
	065223		трьохвентиляторні
	065224	З нероз'ємними камерами секцій	одновентиляторні
	065225		двовентиляторні
	065226		трьохвентиляторні
	065227	Інші	
	065228		
	065229		
065230 Горизонтальні з внутрішнім змішувачем для в'язких та високов'язких продуктів	065231	Одновентиляторні	
	065232	Двовентиляторні	
	065233	Трьохвентиляторні	
	065234	Інші	
	065235		
	065236		
	065237		
	065238		
	065239		
065240 Горизонтальні колекторні	065241	Одновентиляторні	
	065242	Двовентиляторні	
	065243	Трьохвентиляторні	
	065244	Чотири- та більш вентиляторні	
	065245	Інші	
	065246		
	065247		
	065248		
	065249		

Продовження табл. Е.1

ПІДГРУПА	ВИД		
065250 Зигзагоподібні	065251	З роз'ємними камерами секцій	одновентиляторні
	065252		двовентиляторні
	065253		трьохвентиляторні
	065254	З нероз'ємними камерами секцій	одновентиляторні
	065255		двовентиляторні
	065256		трьохвентиляторні
	065257	Інші	
065258			
065259			
065260 Шатрові	065261	З розташуванням секцій по сторонах шатра	одновентиляторні
	065262		двовентиляторні
	065263		трьохвентиляторні
	065264	З зигзагоподібним розташуванням секцій по сторонах шатра	одновентиляторні
	065265		двовентиляторні
	065266		трьохвентиляторні
	065267	Інші	
065268			
065269			
065270 Колонні	065271	Одновентиляторні	
	065272	Двовентиляторні	
	065273	Трьох- та більше вентиляторні	
	065274	Інші	
	065275		
	065276		
	065277		
065278			
065279			
065280 Вертикальні	065281	З роз'ємними камерами секцій	одновентиляторні
	065282		двовентиляторні
	065283		трьох- та більше вентиляторні
	065284	З нероз'ємними камерами секцій	одновентиляторні
	065285		двовентиляторні
	065286		трьох- та більше вентиляторні
	065287	Інші	
065288			
065289			

Продовження табл. Е.1

КЛАС 060000	Обладнання гідромеханічних, теплових, масообмінних процесів		
ПІДКЛАС 066000	Обладнання масообмінних та хімічних процесів		
ГРУПА 066200	Обладнання ректифікаційне, абсорбційне, екстракційне		
ПІДГРУПА	ВИД		
066210 Колони з тарілками (крім клапанних)	066211	Ковпачковими	
	066212	Сітчастими	без відбійних елементів
	066213		з відбійними елементами
	066214	Решітчастими	
	066215	S-подібними	
	066216	Відцентровими	
	066217	Інші	
	066218		
	066219		
066220 Колони з клапанними тарілками	066221	Перехресноточними	
	066222	Прямоточними	
	066223	Баластними	
	066224	Трапецієвидними	
	066225	Жалюзійними	
	066226	S-подібними	
	066227	Ситчато-клапанними	
	066228	Інші	
	066229		
066230 Колони з нерухомою насадкою	066231	Насипною	
	066232	Стільниковою	
	066233	Плоскопаралельною	
	066234	Блочною	
	066235	Хордовою	
	066236	Пакетною	
	066237	Інші	
	066238		
	066239		
066240 Колони з насадкою	066241	Що обертаються	дисковою
	066242		лопатевою
	066243		комбінованою (секціонованою)
	066244	Вібруючою	
	066245	Інші	
	066246		
	066247		
	066248		
	066249		

Продовження табл. Е.1

ПІДГРУПА	ВИД			
066250 Колони порожнисті	066251	Зі зрошувальними пристроями (струменеві)		
	066252	Поличні		
	066253	Ультразвукові		
	066254	З пристроями для створення киплячого шару		
	066255	Інші		
	066256			
	066257			
	066258			
066259				
066260 Установки та апарати для перегонки та дистиляції (крім колон, установок та апаратів опріснення)	066261	Простої перегонки		
	066262	Азеотропної ректифікації		
	066263	Екстрактивної ректифікації		
	066264	Молекулярної дистиляції		
	066265	Інші		
	066266			
	066267			
	066268			
066269				
066270 Абсорбери (окрім колон) та їх блоки	066271	Поверхневі		
	066272	Пластинчасті		
	066273	Трубчасті		
	066274	Насадкові		
	066275	Інші		
	066276			
	066277			
	066278			
066279				
066280 Установки екстракційні та екстрактори (окрім колонних)	066281	Установки екстракційні		
	066282	Екстрактори рідині	гравітаційні	диференціально- контактні
	066283			ступінчаті
	066284		центробіжні	диференціально- контактні
	066285			ступінчаті
	066286	Екстрактори твердофазні	зрошувальні	
	066287		затоплення	
	066288	Інші		
	066289			

ДОДАТОК Ж

Приклад виконання специфікації до складального кресленика

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			ЛН01.066231.001 СБ	Складальний кресленик	1	
<i>Сборочные единицы</i>						
A2	1		ЛН01.066231.101	Кришка	1	
A1	2		ЛН01.066231.102	Корпус	1	
A2	3		ЛН01.066231.103	Опора	1	
A3	4		ЛН01.066231.104	Патрубок	1	
A4	5		ЛН01.066231.105	Кришка люка	10	
<i>Детали</i>						
A4	8		ЛН01.066231.301	Прокладка 50 мм	16	
A4	9		ЛН01.066231.302	Прокладка 200 мм	2	
A4	10		ЛН01.066231.303	Прокладка 250 мм	1	
A4	11		ЛН01.066231.304	Прокладка 400 мм	2	
A4	12		ЛН01.066231.305	Прокладка 2200 мм	2	
A4	13		ЛН01.066231.306	Фланець 50 мм	16	
A4	14		ЛН01.066231.307	Фланець 200 мм	2	
A4	15		ЛН01.066231.308	Фланець 400 мм	2	
A4	16		ЛН01.066231.309	Прокладка люка	10	
ЛН01.066231.001						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Проб.	Исполн.	Колонна абсорбційна насадкова			
Контр.	Утв.	Провер.				
			Лит.	Лист	Листов	
				1	2	
			КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, каф. МАХНВ			
			Копія	Формат	A4	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартные изделия</i>		
				<i>Болт ДСТУ ISO 4015:2007</i>		
		18		<i>M12x50</i>	64	
		19		<i>M16x50</i>	280	
		20		<i>M16x70</i>	28	
		21		<i>M20x85</i>	32	
		22		<i>M24x220</i>	176	
				<i>Гайка ДСТУ ГОСТ 5915:2008</i>		
		24		<i>M12-6H</i>	64	
		25		<i>M16-6H</i>	308	
		26		<i>M20-6H</i>	32	
		27		<i>M24-6H</i>	176	
				<i>Шайба ГОСТ 10450-78</i>		
		29		<i>С 12.37</i>	64	
		30		<i>С 16.37</i>	28	
		31		<i>С 20.37</i>	32	
		32		<i>С 24.37</i>	176	
				<i>Материалы</i>		
		36		<i>Насадка</i>	78	<i>м³</i>
				<i>Керамічні сидла "Інталокс"</i>		
Инд. № подл.						Лист 2
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Копіював

Формат А4

ДОДАТОК И
Зразок титульного листа папки курсового проєкту

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ
з розрахунків і конструювання обладнання
на тему: Адсорбер

Виконавець: студент групи _____
курс шифр групи ім'я і прізвище

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування,
освітньо-професійна програма: Комп'ютерно-інтегровані технології
проектування обладнання хімічної інженерії

Керівник курсового проєкту _____
посада, ім'я і прізвище підпис, дата

Національна оцінка _____ Кількість балів: _____

Члени комісії: _____
вчене звання, науковий ступінь, ім'я і прізвище підпис

вчене звання, науковий ступінь, ім'я і прізвище підпис

вчене звання, науковий ступінь, ім'я і прізвище підпис

Засвідчую, що у цьому курсовому проєкті немає запозичень
з праць інших авторів без відповідних посилань.
студент _____
ім'я і прізвище

Київ 2024

ДОДАТОК Л

Допустимі напруження сталей

Властивості конструкційних матеріалів подані за ГОСТ 34233.1–2017 [6].

Таблиця Л.1. Допустимі напруження для вуглецевих і низьколегованих марганцевистих і марганцевекрем'янистих сталей

Розрахункова температура стінки посудини або апарата, °С	Допустиме напруження [σ], МПа, для сталей марок															
	Ст3				09Г2С, 16ГС				20, 20К		10	10Г2, 09Г2		17ГС, 17Г1С, 10Г2С1		
	Товщина, мм															
	до 20		понад 20		до 32		понад 32		до 160							
	Розрахунковий ресурс, год.															
	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵
20	154		140		196		183		147		130		180		183	
100	149		134		177		160		142		125		160		160	
150	145		131		171		154		139		122		154		154	
200	142		126		165		148		136		118		148		148	
250	131		120		162		145		132		112		145		145	
300	115		108		151		134		119		100		134		134	
350	105		98		140		123		106		88		123		123	
375	93		93		133		116		98		82		108		116	
400	85	68	85	68	122		105	92	74	77	61	92	78		105	
410	81	65	81	65	104		104	86	69	75	60	86	73		104	
420	75	60	75	60	92		92	80	64	72	57	80	68		92	
430	71*	57*	71*	57*	86	73	86	73	75	60	68	54	75	64	86	73
440	–		–		78	66	78	66	67	53	60	48	67	57	78	66
450	–		–		71	53	71	53	61	49	53	42	61	46	71	53
460	–		–		64	48	64	48	55	44	47	37	55	41	64	48
470	–		–		56	42	56	42	49	39	42	33	49	37	56	42
475	–		–		53	40	53	40	46	36	37	29	46	34	53	40

*Для розрахункової температури стінки 425 °С.

Примітки. 1. Якщо розрахункові температури нижчі від 20 °С, допустимі напруження беруть такими самими, як і за температури 20 °С для допустимого застосування матеріалу за цієї температури.

2. Для проміжних розрахункових температур стінки допустиме напруження визначають лінійною інтерполяцією з округленням результатів до 0,5 МПа у бік меншого значення.

3. Для сталі марки 20, якщо $R_T^{20} < 220$ МПа допустимі напруження, що зазначені в таблиці, помножують на відношення $R_T^{20} / 220$.

4. Для сталі марки 10Г2, якщо $R_{0,2}^{20} < 270$ МПа допустимі напруження, що зазначені в таблиці, помножують на відношення $R_{0,2}^{20} / 270$.

Таблиця Л.2. Допустимі напруження для теплостійких хромомолібденових сталей

Розрахункова температура стінки, °С	Допустиме напруження $[\sigma]$, МПа для сталей марок											
	12ХМ		12МХ		15ХМ		15Х5М		15Х5М-У		10Х2М1А-А	
	Розрахунковий ресурс, год.											
	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵
20	147		147		155		146		240		204	
100	146,5		146,5		153		141		235		190	
150	146		146		152,5		138		230		180	
200	145		145		152		134		225		175	
250	145		145		152		127		220		170	
300	141		141		147		120		210		168	
350	137		137		142		114		200		165	
375	135		135		140		110		180		163	
400	132		132		137		105		170		160	
410	130		130		136		103		160		159	
420	129		129		135		101		150		158	
430	127		127		134		99		140		119	
440	126		126		132		96		135		115	
450	126		126		132		96		130		110	
460	126		126		132		96		126		107	
470	117		117		122		89		75		122	
480	114		114		117		86		73		116	
490	105	89	105	89	107	91	83	70	114	97	104	93
500	96	72	96	72	99	74	79	59	108	81	88	78
510	82	61	82	61	84	63	72	54	97	73	80	71
520	69	52	69	52	74	55	66	50	85	64	70	62
530	60	45	57	43	67	50	60	45	72	54	60	53
540	50	37	47	35	57	43	54	40	58	43	52	45
550	41	31	–	–	49	37	47	35	52	39	45	38
560	33	25	–	–	41	31	40	30	45	34	38	33
570	–	–	–	–	–	–	35	26	40	30	32	27
580	–	–	–	–	–	–	30	22	34	25	27	23
590	–	–	–	–	–	–	28	21	30	22	24	20
600	–	–	–	–	–	–	25	19	25	19	19	16
610	–	–	–	–	–	–	20	15	20	15	17	–
620	–	–	–	–	–	–	18	13	18	13	14	–
630	–	–	–	–	–	–	17	12	17	12	11	–
640	–	–	–	–	–	–	16	11	16	11	10	–
650	–	–	–	–	–	–	14	10	14	10	9	–

Примітки 1. При розрахункових температурах нижче 20°С допустимі напруження приймають такими ж, як при 20°С при умови допустимого застосування матеріалу при даній температурі.

2. Для проміжних розрахункових температур стінки допустиме напруження визначають лінійною інтерполяцією з округленням результатів до 0,5 МПа у бік меншого значення.

3. Вище risks наведені значення допустимих напружень, що не залежать від розрахункового ресурсу.

Розрахунковий ресурс роботи в умовах повзучості визначають за умовами навантаження і тривалості роботи посудини при повзучості.

Таблиця Л.3. Допустимі напруження для жароміцних, жаростійких і корозійностійких сталей аустенітного класу

Розрахункова температура стінки посудини або апарата, °С	Допустиме напруження $[\sigma]$, МПа для сталей марок							
	03X21H21M4ГБ	03X18H11	03X17H14M3	08X18H10T, 08X18H12T, 08X17H13M2T, 08X17H15M3T		12X18H10T, 12X18H12T, 10X17H13M2T, 10X17H13M3T		10X14Г14Н4Т
				Розрахунковий ресурс, год.				
				10 ⁵	2·10 ⁵	10 ⁵	2·10 ⁵	
20	180	160	153	168		184		167
100	173	133	140	156		174		153
150	171	125	130	148		168		146
200	171	120	120	140		160		137
250	167	115	113	132		154		130
300	149	112	103	123		148		123
350	143	108	101	113		144		118
375	141	107	90	108		140		115
400	140	107	87	103		137		113
410	–	107	83	102		136		112
420	–	107	82	101		135		111
430	–	107	81	100,5		134		110
440	–	107	81	100		133		109
450	–	107	80	99		132		108
460	–	–	–	98		131		–
470	–	–	–	97,5		130		–
480	–	–	–	97		129		–
490	–	–	–	96		128		–
500	–	–	–	95		127		–
510	–	–	–	94		126		–
520	–	–	–	79		125		–
530	–	–	–	79	71	124	111	–
540	–	–	–	78	70	111	100	–
550	–	–	–	76	68	111	99	–
560	–	–	–	73	66	101	91	–
570	–	–	–	69	62	97	87	–
580	–	–	–	65	58	90	81	–
590	–	–	–	61	55	81	73	–
600	–	–	–	57	46	74	59	–
610	–	–	–	–	–	68	54	–
620	–	–	–	–	–	62	50	–
630	–	–	–	–	–	57	45	–
640	–	–	–	–	–	52	41	–
650	–	–	–	–	–	48	38	–
660	–	–	–	–	–	45	36	–
670	–	–	–	–	–	42	33	–
680	–	–	–	–	–	38	30	–
690	–	–	–	–	–	34	27	–
700	–	–	–	–	–	30	24	–

Примітки до таблиці КЗ 1. При розрахункових температурах нижче 20°C допустимі напруження приймають такими ж, як при 20°C при умови допустимого застосування матеріалу при даній температурі.

2. Для проміжних розрахункових температур стінки допустиме напруження визначають інтерполяцією двох найближчих табличних значень з округленням результатів до 0,5 МПа у бік меншого значення.

3. Для поковок зі сталі марок 12X18H10T, 10X17H13M2T, 10X17H13M3T допустимі напруження, наведені в цій таблиці, при температурах не вище 550°C множать на 0,83.

4. Для сортового прокату зі сталі марок 12X18H10T, 10X17H13M2T, 10X17H13M3T допустимі напруження, наведені в цій таблиці, при температурах не вище 550°C множать на відношення $R_{0,2}^{20}/240$.

5. Для поковок і сортового прокату зі сталі марки 08X18H10T допустимі напруження, наведені в цій таблиці, при температурах не вище 550°C множать на 0,95.

6. Для поковок зі сталі марки 03X17H14M3 допустимі напруження, наведені в цій таблиці, множать на 0,9.

7. Для поковок зі сталі марки 03X18H11 допустимі напруження, наведені в цій таблиці, множать на 0,9; для сортового прокату зі сталі марки 03X18H11 допустимі напруження множать на 0,8.

8. Для труб зі сталі марки 03X21H21M4ГБ допустимі напруження, наведені в цій таблиці, множать на 0,88.

9. Для поковок зі сталі марки 03X21H21M4ГБ допустимі напруження, наведені в цій таблиці, множать на відношення $R_{0,2}^{20}/250$.

10. Вище risks наведені значення допустимих напружень, що не залежать від розрахункового ресурсу.

Розрахунковий ресурс роботи в умовах повзучості визначають за умовами навантаження і тривалості роботи посудини при повзучості.

Таблиця Л.4. Допустимі напруження для жароміцних, жаростійких і корозійностійких сталей аустенітного і аустенітно-феритного класу і сплавів на залізонікелевій основі

Розрахункова температура стінки посудини або апарата, °С	Допустиме напруження $[\sigma]$, МПа для сталей марок					
	08X18Г8Н2Т	07X13АГ20	02X8Н22С6	15X18Н12С4ТЮ	06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ	08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т
20	230	233	133	233	147	233
100	206	173	106,5	220	138	200
150	190	153	100	206,5	130	193
200	175	133	90	200	124	188,5
250	160	127	83	186,5	117	166,5
300	144	120	76,5	180	110	160
350	–	113	–	–	107	–
375	–	110	–	–	105	–
400	–	107	–	–	103	–

Примітки 1. При розрахункових температурах нижче 20°C допустимі напруження приймають такими ж, як при 20°C при умови допустимого застосування матеріалу при даній температурі.

2. Для проміжних розрахункових температур стінки допустиме напруження визначають інтерполяцією двох найближчих табличних значень з округленням результатів до 0,5 МПа у бік меншого значення.

Таблиця Л.5. Допустимі напруження для алюмінію і його сплавів

Розрахункова температура, °С	Допустиме напруження $[\sigma]$, МПа для алюмінію і його сплавів марок				
	A85M, A8M	АДМ, АДОМ, АД1М	АМцМ, АМцСМ	АМг2М, АМг3М	АМг5М, АМг6М
20	16	20	33	47	73
50	15	19	31	47	69
100	14	17	28	45	61
120	13	14	25	44	58
130	12	13	24	40	52
140	11	12	19	34	46
150	11	11	16	31	40

Примітки 1. Допустимі напруження наведені для алюмінію і його сплавів у відпаленому стані.

2. Допустимі напруження наведені для товщин листів і плит алюмінію марок А85М, А8М не більше 30 мм, інших марок – не більше 60 мм.

3. Для проміжних значень розрахункових температур стінки допустимі напруження визначають лінійною інтерполяцією з округленням результатів до 0,1 МПа у бік меншого значення.

Таблиця Л.6. Допустимі напруження для міді і її сплавів

Розрахункова температура стінки посудини або апарата, °С	Допустиме напруження $[\sigma]$, МПа для міді і її сплавів					
	M2	M3	M3p	Л63, ЛС59-1	ЛО62-1	ЛЖМц59-1-1
20	51	54	54	70	108	136
50	49	50	51	67	106	134
100	48	45	46	63	100	124
150	43	42	42	60	95	120
200	38	39	38	57	90	106
210	–	38	37	55	80	97
220	–	37	36	52	70	85
230	–	36	35	42	60	69
240	–	34	34	34	50	51
250	–	33	33	33	40	30

Примітки 1. Допустимі напруження наведені для міді та її сплавів у відпаленому стані.

2. Допустимі напруження наведені для товщин листів від 3 до 10 мм.

3. Для проміжних значень розрахункових температур стінки допустимі напруження визначають лінійною інтерполяцією з округленням результатів до 0,1 МПа у бік меншого значення.

Таблиця Л.7. Допустимі напруження для титану і його сплавів

Розрахункова температура стінки посудини або апарата, °С	Допустиме напруження $[\sigma]$, МПа для титанового листового прокату і прокатних труб			
	BT1-0	OT4-0	AT3	BT1-00
20	143	181	226	113
100	126	156	199	96
200	106	129	169	75
250	94	118	162	64
300	85	96	156	55
350	–	94	143	–
400	–	92	–	–

Примітки 1. При розрахункових температурах нижче 20°C допустимі напруження приймають такими ж, як при 20°C при умови допустимого застосування матеріалу при даній температурі.

2. Для поковок і прутків допустимі напруження, зазначені в цій таблиці, множать на 0,8.