

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

**Комп'ютеризовані методи
конструювання і розрахунку
технологічних трубопроводів
Рекомендації до виконання
розрахунково-графічної роботи**

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

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, проф.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 1 від 26.09.2024 р.)
за поданням вченої ради інженерно-хімічного факультету
(протокол № 7 від 29.08.2024 р.)*

Комп'ютеризовані методи конструювання і розрахунку технологічних трубопроводів [Електронний ресурс]: рек. до виконання розрахунк-граф. роботи: 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. – 55 с.

Посібник містить вимоги, правила виконання, оформлення розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Комп'ютеризовані методи конструювання і розрахунку технологічних трубопроводів». Наведено алгоритм і приклад виконання розрахунково-графічної роботи і необхідні довідкові дані, які будуть корисні для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

УДК 621.01–66.05

Реєстр. № НП 24/25-023. Обсяг 2,3 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	4
ОСНОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	5
1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОЗРАХУКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	7
2. ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ	8
3. СКЛАД, ОБСЯГ І СТРУКТУРА РОЗРАХУКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	9
4. ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ РОЗРАХУКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	10
5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.12	
5.1. Вимоги до форматування пояснювальної записки.....	12
5.2. Виклад тексту пояснювальної записки	13
5.3. Оформлення розрахунків	18
5.4. Оформлення переліку посилань.....	19
5.5. Оформлення додатків	22
6. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО- ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	23
6.1. Розрахункові параметри і допустимі напруження.....	23
6.2. Рекомендації щодо виконання розрахунків.....	32
7. ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ. АЛГОРИТМИ І ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ	33
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	40
ДОДАТОК А. Зразок завдання на розрахунково-графічну роботу	41
ДОДАТОК Б. Зразок змісту розрахунково-графічної роботи	42
ДОДАТОК В. Зразок титульного листа пояснювальної записки розрахунково-графічної роботи.....	43
ДОДАТОК Г. Основні стандартизовані і загальноживані в науково- технічній літературі терміни та визначення	44

ВСТУП

Розрахунково-графічна робота виконується студентами під час вивчення навчальної дисципліни «Комп'ютеризовані методи конструювання і розрахунку технологічних трубопроводів» і спрямована на застосування отриманих знань при проектуванні і конструюванні обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв.

На розрахунково-графічну роботу виносяться розрахунки товщин стінок безшовної сталеві прямолінійної труби і конічного переходу, які працюють під високим тиском.

ОСНОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- A_t – температурний коефіцієнт;
- C – сума додатків до розрахункової товщини стінки, м;
- C_1 – додаток для компенсації корозії і (або) ерозії, м;
- C_2 – додаток для компенсації мінусового допуску, м;
- C_e – додаток для компенсації ерозії, м;
- D, d – внутрішній діаметр, м;
- D_1 – зовнішній діаметр більшого циліндра конічного переходу, м;
- D_3, d_3 – зовнішній діаметр, м;
- d_1 – внутрішній діаметр більшого циліндра конічного переходу, м;
- d_2 – внутрішній діаметр меншого циліндра конічного переходу, м;
- K – коефіцієнт;
- n_6 – коефіцієнт запасу міцності за границею міцності;
- n_D – коефіцієнт запасу міцності за границею тривалої міцності;
- n_{II} – коефіцієнт запасу міцності за границею повзучості;
- n_T – коефіцієнт запасу міцності за границею плинності;
- p, p_R – внутрішній розрахунковий тиск, МПа;
- p_{II} – пробний тиск, МПа;
- $p_{роб}$ – робочий тиск, МПа;
- $[p]$ – допустимий тиск, МПа;
- $R_{0,2}, R_{1,0}$ – мінімальне значення умовної границі плинності за розрахункової температури, МПа;
- $R_{0,2}^{20}, R_{1,0}^{20}$ – мінімальне значення умовної границі плинності за температури 20°C, МПа;
- $R_{1\% \cdot 10^5}$ – мінімальне значення границі повзучості за розрахункової температури, МПа;

R_6 – мінімальне значення тимчасового опору (границі міцності) за розрахункової температури, МПа;

$R_D, R_{D,10^5}$ – мінімальне значення границі тривалої міцності за розрахункової температури, МПа;

R_T – мінімальне значення границі плинності за розрахункової температури, МПа;

R_T^{20} – мінімальне значення границі плинності за температури 20°C, МПа;

S, S_1, S_2 – товщина деталей, м;

S_{1R} – розрахункова товщина стінки більшого циліндра конічного переходу, м;

S_{2R} – розрахункова товщина стінки меншого циліндра конічного переходу, м;

t_R – розрахункова температура, °C;

$v_{кор}$ – швидкість корозії (проникність), м/рік;

α_k – кут між віссю і твірною конуса, град.;

β_R – розрахунковий коефіцієнт товстостінності труби;

β_{Rk} – розрахунковий коефіцієнт товстостінності конічного переходу;

δ – мінусовий допуск, %;

γ – коефіцієнт надійності трубопроводу;

η – поправочний коефіцієнт;

ΣA – сума зміцнювальних площ, м²;

$[\sigma]$ – допустиме напруження при розрахунковій температурі, МПа;

$[\sigma]_{20}$ – допустиме напруження при температурі 20 °C, МПа;

τ – строк служби елемента, рік;

φ – коефіцієнт міцності;

φ_d – коефіцієнт міцності елемента з отвором;

φ_w – коефіцієнт міцності зварного шва;

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Метою розрахунково-графічної роботи є набуття практичних умінь при конструюванні та розрахунку посудин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв.

Завданнями розрахунково-графічної роботи є:

- обґрунтування вибору елементів технологічних трубопроводів хімічних і нафтопереробних виробництв;
- обґрунтування вибору матеріалів для виготовлення технологічних трубопроводів;
- визначення розмірів окремих елементів технологічних трубопроводів за результатами виконаних розрахунків.

2. ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ

Завдання на розрахунково-графічну роботу видається кожному студенту особисто протягом перших двох тижнів навчання.

Темою розрахунково-графічної роботи можуть бути будь-які елементи технологічних трубопроводів, конструкції і розрахунок яких викладається студентам при вивченні дисципліни «Комп'ютеризовані методи конструювання і розрахунку технологічних трубопроводів». Обов'язковою умовою виконання розрахунково-графічної роботи є складання програми і її використання при виконанні відповідного розрахунку.

Текст завдання підписується студентом, який буде виконувати розрахунково-графічну роботу та керівником розрахунково-графічної роботи.

Зразок оформлення завдання на розрахунково-графічну роботу розміщено у Додатку А.

Вихідні дані до виконання розрахунково-графічної роботи подано у 7 розділі.

3. СКЛАД, ОБСЯГ І СТРУКТУРА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Розрахунково-графічна робота складається з пояснювальної записки.

Пояснювальна записка повинна містити вступ, опис конструкції, технічну характеристику і розрахунки, які підтверджують працездатність і надійність вузла, висновки, перелік посилань і додатки (за необхідністю). Орієнтовний обсяг пояснювальної записки 25...40 аркушів формату А4.

Зразок змісту наведено у Додатку Б.

4. ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Вимоги до змісту розрахунково-графічної роботи

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 розрахунково-графічну роботу.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «Опис конструкції вузла технологічного трубопроводу»

Наводиться опис конструкції вузла технологічного трубопроводу і надається його схема.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «Технічна характеристика вузла технологічного трубопроводу»

Подаються основні технічні характеристики вузла технологічного трубопроводу (граничні тиск, температура, габаритні розміри, маса та інші параметри).

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «Розрахунки, які підтверджують працездатність та надійність вузла технологічного трубопроводу»

Розділ містить розрахунок товщини вузла технологічного трубопроводу з умови міцності.

Приблизний обсяг розділу – 20...30 аркушів.

Підрозділ «Висновки»

У висновку перераховуються розрахунки, які були виконані відповідно до завдання та мети розрахунково-графічної роботи. Вказуються всі авторські удосконалення, які мали місце при виконанні роботи.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Перелік посилань

В переліку посилань вказуються література, стандарти і патенти, які були використані при виконанні розрахунково-графічної роботи.

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 розрахунково-графічної роботи розпочинається титульним листом з надписом „Пояснювальна записка” (додаток В), наступним аркушем є „Завдання на розрахунково-графічну роботу” (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 технологічного трубопроводу

4.1. Розрахунок вузла технологічного трубопроводу 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 – загальноповживані 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 $\frac{1}{4}$ "; $\frac{1}{2}$ ".

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/м^3 , обчислюють за формулою

$$\rho = m/V,$$

де m – маса зразка, кг ;

V – об'єм зразка, м^3 .

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 "x".

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 (В.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 поміщати 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 розрахунково-графічної роботи.

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 гнутого відводу

Метою розрахунку є визначення з умови міцності товщини стінки гнутого відводу технологічного трубопроводу, який працює під внутрішнім надлишковим тиском.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.1.

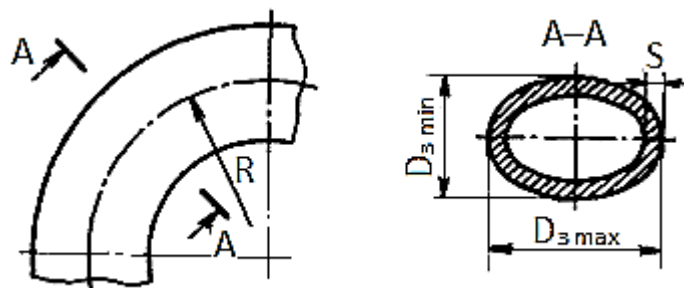


Рисунок 4.1 – Гнутий відвід

Вихідні дані для розрахунку.

Відвід знаходиться під дією внутрішнього тиску $p_R = 3$ МПа.

Марка сталі – 16ГС.

Розрахункова температура $t_R = 100$ °С.

Зовнішній діаметр відводу $D_3 = 0,245$ м.

Радіус кривизни осьової лінії відводу $R = 0,4$ м.

Зварні шви розташовані під кутом $\beta = 30^\circ$ до нейтралі.

Допустиме напруження сталевого відводу при розрахунковій температурі $[\sigma] = 177$ МПа.

Забезпечений 100% контроль зварних швів неруйнівними методами.

Швидкість корозії сталевого відводу $v_{кор} = 7 \cdot 10^{-5}$ м/рік.

Термін служби відводу $\tau = 10$ років.

Розрахунок ведемо за алгоритмом, поданим в посібнику [3].

Розрахункова товщина гнутого відводу.

[подається розрахунок]

Висновок: Визначена виконавча товщина стінки гнутого відводу $S = 0,024$ м забезпечує міцність елемента в умовах робочих навантажень. Значення розрахункового тиску $p_R = 3$ МПа не перевищує значення допустимого тиску $[p] = 3,5$ МПа.

5.4. Оформлення переліку посилань

Перелік посилань необхідно оформлювати за ДСТУ 8302:2015 [4]. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання (табл. 5.1).

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.
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.
---------------------	---

Продовження табл. 5.1

Патенти	Тарілка масообмінного апарата: пат. 146614 U Україна: МПК B01D 3/20 (2006.01) H01F 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)	Андреєв І. А., Пінчук А. Є., Крамар О. В. Віброкструзійний 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	1. Андреєв 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. Андреєв І. А. Процес віброкструзії 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 І і О.

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. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

6.1. Розрахункові параметри і допустимі напруження

Наведені визначення і величини відповідають ГОСТ 34233.1–2017 і СОУ МПП 71.120-217:2009 [5].

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

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

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

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

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

$$p_{\text{п}} = 1,25p - 0,1 \text{ МПа}.$$

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* 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 [6].

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 6.1.

Таблиця 6.1. 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 $\eta = 0,7$.

Дозволяється допустиме напруження за температури $20\text{ }^\circ\text{C}$ 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 6.2.

Таблиця 6.2. Значення коефіцієнтів запасу міцності

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

Допустиме напруження $[\sigma]$ при розрахунку елементів і з'єднань трубопроводів на статичну міцність належить приймати за формулою:

$$[\sigma] = \min\left(\frac{R_{0,2}}{n_T}; \frac{R_\sigma}{n_\sigma}; \frac{R_D}{n_D}\right).$$

Коефіцієнти n_T , n_σ , n_D належить визначати за формулами:

$$n_T = n_D = 1,3\gamma;$$

$$n_\sigma = 2,1\gamma,$$

де γ – коефіцієнт надійності трубопроводу.

Допустиме напруження $[\sigma]$ можна визначити за формулою:

$$[\sigma] = [\sigma]_{20} A_t,$$

де $[\sigma]_{20}$ – допустиме напруження при температурі 20 °С, МПа; A_t – температурний коефіцієнт, який визначається за таблицею 6.3.

Таблиця 6.3. Температурний коефіцієнт

Марка сталі	$t_R, ^\circ\text{C}$	A_t
Ст.3, 10, 20, 25, 09Г2С, 10Г2С1, 15ГС, 16ГС, 17ГС, 17Г1С	До 200	1,00
	250	0,90
	300	0,75
	350	0,66
	400	0,52
	420	0,45
	430	0,38
	440	0,33
	450	0,28
15Х5М	До 200	1,00
	325	0,90
	390	0,75
	430	0,66
	450	0,52
08Х18Н10Т, 08Х22Н6Т, 12Х18Н12Т, 12Х18Н10Т, 45Х14Н14В2М, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, 08Х17Н15М3Т	До 200	1,00
	300	0,90
	400	0,75
	450	0,69

Продовження табл. 6.3

12X1МФ, 15X1МФ	До 200	1,00
	320	0,90
	450	0,75
20X3МВФ	До 200	1,00
	350	0,90
	450	0,72

Примітки до табл. 6.3. 1 Для проміжних значень температур значення величини A_t слід визначати лінійною інтерполяцією.

2 Для вуглецевої сталі при температурах від 400 до 450 °С прийняті середні значення на ресурс $2 \cdot 10^5$ годин.

Коефіцієнт надійності трубопроводу γ визначається за таблицею 6.4.

Таблиця 6.4. Коефіцієнти надійності трубопроводів γ

Речовина	Коефіцієнти надійності γ для трубопроводів категорій		
	I, II	III, IV	V
Гази всіх груп, скраплені гази, речовини групи А	1,25	1,15	1,10
Речовини груп Б і В, крім газів	1,15	1,05	1,00

Коефіцієнт міцності

Коефіцієнт міцності φ належить враховувати при розрахунках елементів, які мають отвори або зварні шви.

$$\varphi = \min\{\varphi_d; \varphi_w\},$$

де φ_d – коефіцієнт міцності елемента з отвором; φ_w – коефіцієнт міцності зварного шва.

При розрахунку безшовних елементів без отворів належить приймати $\varphi = 1,0$.

Коефіцієнт міцності зварного шва $\varphi_w = 1$ при 100% контролі зварних швів неруйнівними методами і $\varphi_w = 0,8$ у інших випадках.

6.2. Рекомендації щодо виконання розрахунків

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

Алгоритми і приклади розрахунків товщин стінок прямолінійної труби і конічного переходу високого тиску наведені у наступному розділі.

7. ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ.

АЛГОРИТМИ І ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ

Завдання 1. Розрахувати товщину стінки безшовної сталевий прямолінійної труби високого тиску без отворів, яка призначена для переміщення рідких середовищ зі швидкістю 10 м/с.

Розрахунок виконати для робочих умов.

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці Б1.

Завдання 2. Розрахувати товщину стінки зварного конічного переходу високого тиску без отворів, який призначений для переміщення рідких середовищ зі швидкістю 10 м/с.

Передбачений 100% контроль зварних швів переходу неруйнівними методами.

Додаток для компенсації мінусового допуску C_2 береться з попереднього розрахунку.

Розрахунок виконати для робочих умов.

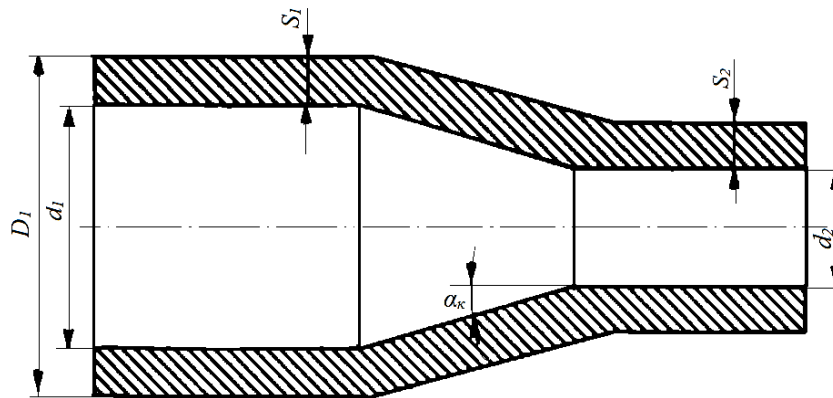


Рисунок 7.1 – Конічний перехід

Таблиця 7.1. Вихідні дані до розрахунків

Варіант	p_R , МПа	Марка сталі	t_R , °C	D_3 , м	$[\sigma]$, МПа	$v_{\text{кор}} \cdot 10^5$, м/рік
1	65	20	250	0,089	132	4
2	60	20	200	0,102	136	5
3	55	20	150	0,108	139	6
4	50	20	100	0,133	142	7
5	50	20	20	0,159	147	8
6	65	15ГС	250	0,089	162	5
7	65	15ГС	200	0,102	165	6
8	60	15ГС	150	0,108	171	7
9	60	15ГС	100	0,133	177	8
10	55	15ГС	20	0,159	196	4
11	70	15ХМ	250	0,089	152	5
12	65	15ХМ	200	0,102	152	6
13	65	15ХМ	150	0,108	152	7
14	50	15ХМ	100	0,133	153	8
15	50	15ХМ	20	0,159	155	5
16	70	12Х18Н12Т	250	0,089	154	5
17	65	12Х18Н12Т	200	0,102	160	6
18	60	12Х18Н12Т	150	0,108	168	6
19	50	12Х18Н12Т	100	0,133	174	7
20	50	12Х18Н12Т	20	0,159	184	7
Приклад розрахунку	45	25Х3МН	100	0,250	221	7

Продовження табл. 7.1

Варіант	τ , років	δ , %	d_1 , м	d_2 , м	α_k , град.
1	10	6	0,05	0,025	15
2	10	6	0,06	0,030	20
3	10	7	0,07	0,035	25
4	10	7	0,09	0,045	30
5	10	8	0,11	0,055	15
6	15	6	0,05	0,025	20
7	15	7	0,06	0,030	25
8	15	7	0,07	0,035	30
9	15	8	0,09	0,045	15
10	15	8	0,11	0,055	20
11	20	6	0,05	0,025	25
12	20	7	0,06	0,030	30
13	20	7	0,07	0,035	15
14	20	8	0,09	0,045	20
15	20	8	0,11	0,055	25
16	10	6	0,05	0,025	30
17	10	7	0,06	0,030	15
18	15	7	0,07	0,035	20
19	15	8	0,09	0,045	25
20	20	8	0,11	0,055	30
Приклад розрахунку	10	8	0,194	0,1	20

Таблиця 7.2 Алгоритм і приклад розрахунку товщини стінки прямолінійної труби

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
1	Допустиме напруження для матеріалу труби за розрахункової температури $[\sigma]$, МПа	$[\sigma]$ визначається за чинними нормативними документами залежно від марки металу і розрахункової температури.	За вихідними даними $[\sigma] = 221$ МПа
2	Коефіцієнт міцності зварного шва φ_w	Для зварних труб $\varphi_w = 1$ при 100% контролі зварних швів неруйнівними методами і $\varphi_w = 0,8$ у інших випадках. Для безшовних труб $\varphi_w = 1$.	$\varphi_w = 1$
3	Коефіцієнт міцності елемента з отвором φ_d	$\varphi_d = \frac{2}{1,75 + \frac{d}{\sqrt{(D_3 - S)(S - C)}}} \left[1 + \frac{\Sigma A}{2(S - C)\sqrt{(D_3 - S)(S - C)}} \right]$ <p>Через те, що труба не має отворів $\varphi_d = 1$</p>	
4	Коефіцієнт міцності φ	$\varphi = \min\{\varphi_d; \varphi_w\}$	$\varphi = \min\{1; 1\} = 1$
5	Розрахунковий коефіцієнт товстостінності труби β_R	$\beta_R = \exp\left(\frac{p_R}{[\sigma]\varphi}\right)$	$\beta_R = \exp\left(\frac{45}{221 \cdot 1}\right) = 1,226$

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
6	Розрахункова товщина стінки S_R , м	$S_R = \frac{0,5D_3(\beta_R - 1)}{\beta_R}$	$S_R = \frac{0,5 \cdot 0,25(1,226 - 1)}{1,226} = 0,023 \text{ м}$
7	Додаток для компенсації ерозії C_e , м	Додаток C_e належить враховувати у таких випадках: 1) при переміщенні середовища в зі значними швидкостями (для рідких середовищ – більше 20 м/с, для газоподібних – більше 100 м/с); 2) при наявності у рухомому середовищі абразивних твердих частинок; 3) при ударній дії середовища на деталь.	$C_e = 0$ через те, що швидкість переміщенні середовища менше 20 м/с
8	Додаток для компенсації корозії і ерозії, C_1 , м	$C_1 = v_{кор} \tau + C_e$. При $v_{кор} \leq 5 \cdot 10^{-5} \text{ м/рік}$ додаток для компенсації корозії не розраховують за вищенаведеною формулою, а приймають 10^{-3} м . Якщо у довідковій літературі немає даних о величині $v_{кор}$, але відомо, що у робочих умовах елемент, який розраховується, стійкий до середовища, що його оточує, складова додатка C_1 для компенсації корозії приймається $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.	$C_1 = 7 \cdot 10^{-5} \cdot 10 + 0 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}$
9	Мінусовий допуск δ , %	δ визначається за чинними нормативними документами	За вихідними даними $\delta = 8\%$

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
10	Додаток для компенсації мінусового допуску C_2 , м	Додаток C_2 дорівнює мінусовому допуску за чинними нормативними документами на елементи трубопроводів.	Попередньо прийmemo що $S = 0,025$ м, тоді $C_2 = 0,01\delta S = 0,01 \cdot 8 \cdot 0,025 = 0,002$ м
11	Сума додатків до розрахункової товщини стінки C , м	$C = C_1 + C_2$	$C = 0,0007 + 0,002 = 0,0027$ м
12	Коефіцієнт K	$K = \frac{1}{1 - 0,01\delta}$ або визначається за графіком (рис. 5.1)	$K = \frac{1}{1 - 0,01 \cdot 8} = 1,09$
13	Виконавча товщина стінки S	$S = K(S_R + C)$	$S = 1,09(0,023 + 0,0027) = 0,028$ м
14	Внутрішній діаметр d , м	$d = D_3 - 2S$	$d = 0,25 - 2 \cdot 0,028 = 0,194$ м
15	Допустимий внутрішній тиск $[p]$, МПа	$[p] = [\sigma]\varphi \ln \frac{D_3 - 2C_2}{d + 2C_1}$	$[p] = 221 \cdot 1 \cdot \ln \frac{0,25 - 2 \cdot 0,002}{0,194 + 2 \cdot 0,0007} = 50,89$ МПа
16	Перевірка умови міцності	$p_R \leq [p]$	$45,0$ МПа $<$ $50,89$ МПа Умова міцності виконується

Таблиця 7.3 Алгоритм і приклад розрахунку товщини стінки конічного переходу високого тиску

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
1	Допустиме напруження для матеріалу переходу за розрахункової температури $[\sigma]$, МПа	$[\sigma]$ визначається за чинними науково-технічними документами.	За вихідними даними $[\sigma] = 221$ МПа
2	Коефіцієнт міцності зварного шва φ_w	Для зварних переходів $\varphi_w = 1$ при 100% контролі зварних швів неруйнівними методами і $\varphi_w = 0,8$ у інших випадках.	$\varphi_w = 1$
3	Коефіцієнт міцності елемента з отвором φ_d	$\varphi_d = \frac{2}{1,75 + \frac{d}{\sqrt{(D_3 - S)(S - C)}}} \left[1 + \frac{\sum A}{2(S - C)\sqrt{(D_3 - S)(S - C)}} \right]$ <p>Через те, що перехід не має отворів $\varphi_d = 1$</p>	
4	Коефіцієнт міцності φ	$\varphi = \min\{\varphi_d; \varphi_w\}$	$\varphi = \min\{1; 1\} = 1$
5	Розрахунковий коефіцієнт товстостінності конічного переходу β_{RK}	$\beta_{RK} = e^{\frac{pR}{[\sigma]\varphi \cos\alpha_k}}$	$\beta_{RK} = \exp\left(\frac{45}{221 \cdot 1 \cdot \cos 20^\circ}\right) = 1,242$

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
6	Додаток для компенсації ерозії C_e , м	Додаток C_e належить враховувати у таких випадках: 1) при переміщенні середовища в зі значними швидкостями (для рідких середовищ – більше 20 м/с, для газоподібних – більше 100 м/с); 2) при наявності у рухомому середовищі абразивних твердих частинок; 3) при ударній дії середовища на деталь.	$C_e = 0$ через те, що швидкість переміщенні середовища менше 20 м/с
7	Додаток для компенсації корозії і ерозії, C_1 , м	$C_1 = v_{кор} \tau + C_e$. При $v_{кор} \leq 5 \cdot 10^{-5}$ м/рік додаток для компенсації корозії не розраховують за вищенаведеною формулою, а приймають 10^{-3} м. Якщо у довідковій літературі немає даних о величині $v_{кор}$, але відомо, що у робочих умовах елемент, який розраховується, стійкий до середовища, що його оточує, складова додатка C_1 для компенсації корозії приймається $2 \cdot 10^{-3}$ м.	$C_1 = 7 \cdot 10^{-5} \cdot 10 + 0 = 7 \cdot 10^{-4}$ м
8	Додаток для компенсації мінусового допуску C_2 , м	Додаток C_2 дорівнює мінусовому допуску за чинними науково-технічними документами на елементи трубопроводів.	Додаток для компенсації мінусового допуску C_2 береться з попереднього розрахунку $C_2 = 0,002$ м

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
9	Сума додатків до розрахункової товщини стінки C , м	$C = C_1 + C_2$	$C = 0,0007 + 0,002 = 0,0027$ м
10	Розрахункова товщина стінки більшого циліндра конічного переходу м; S_{1R} , м	$S_{1R} = 0,5(d_1 + 2C_1)(\beta_{RK} - 1)$	$S_{1R} = 0,5(0,194 + 2 \cdot 0,0007)(1,242 - 1) = 0,0236$ м
11	Розрахункова товщина стінки меншого циліндра конічного переходу м; S_{2R} , м	$S_{2R} = 0,5(d_2 + 2C_1)(\beta_{RK} - 1)$	$S_{2R} = 0,5(0,1 + 2 \cdot 0,0007)(1,242 - 1) = 0,0123$ м
12	Виконавча товщина стінки більшого циліндра конічного переходу м; S_1 , м	$S_1 = S_{1R} + C$	$S_1 = 0,0236 + 0,0027 = 0,0263$ м Приймаємо $S_1 = 0,028$ м
13	Виконавча товщина стінки меншого циліндра конічного переходу м; S_2 , м	$S_2 = S_{2R} + C$	$S_2 = 0,0123 + 0,0027 = 0,015$ м

Продовження табл. 7.3

№ п/п	Розрахунковий параметр	Розрахункова формула	Приклад розрахунку
16	Зовнішній діаметр більшого циліндра конічного переходу D_1 , м	$D_1 = d_1 + 2S_1$	$D_1 = 0,194 + 2 \cdot 0,028 = 0,25$ м
17	Допустимий робочий тиск $[p]$, МПа	$[p] = [\sigma] \varphi \ln \frac{D_1}{d_1 + 2C_1}$	$[p] = 221 \cdot 1 \cdot \ln \frac{0,25}{0,194 + 2 \cdot 0,0007} = 54,45$ МПа
18	Перевірка умови міцності	$p_R \leq [p]$	45,0 МПа < 54,45 МПа Умова міцності виконується

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 2.105–95. Єдина система конструкторської документації. Загальні вимоги до текстових документів. (Міждержавний стандарт), 2001. 85 с. URL: http://aesitf.kpi.ua/wp-content/uploads/2015/06/gost_2.105-95.pdf.
2. Андреев І. А., Мікульонок І. О. Розрахунок, конструювання та надійність обладнання хімічних виробництв: термінологічний словник. Київ: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2002. 216 с.
3. Андреев Ігор. 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>.
4. 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.
5. 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 розрахунково-графічну роботу

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”

ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ЗАВДАННЯ

на розрахунково-графічну роботу з дисципліни

«Комп'ютеризовані методи конструювання і розрахунку технологічних
трубопроводів»

Виконавець: студент групи _____

шифр групи ім'я і прізвище

- 1. Тема роботи:** Розрахунок товщин стінок прямолінійної труби і конічного переходу високого тиску
- 2. Термін здачі** студентом закінченої роботи: _____ 202_ р.
- 3. Вихідні дані до проекту:** зовнішній діаметр $D_3 = 0,25$ м, розрахунковий тиск $p_R = 45$ МПа і т. ін.
- 4. Перелік питань, які мають бути розроблені:** розрахунок товщин елементів і перевірка умов міцності.
- 5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:** розрахункові схеми прямолінійної труби і конічного переходу високого тиску

Завдання прийняв до виконання студент _____

підпис, дата

Керівник курсової роботи _____

посада, ім'я і прізвище підпис, дата

ДОДАТОК Б

Зразок змісту розрахунково-графічної роботи

Зміст				
Вступ.....				
1. Огляд конструкцій вузлів технологічних трубопроводів хімічних і нафтопереробних виробництв				
2. Опис конструкції вузлів, які розраховуються				
3. Технічна характеристика вузлів технологічних трубопроводів				
4. Розрахунки, які підтверджують працездатність та надійність вузлів технологічних трубопроводів.....				
4.1. Визначення розрахункових параметрів і навантажень в технологічних трубопроводах				
4.2. Розрахунок товщини стінки вузла технологічного трубопроводу				
4.3. Перевірка умови міцності.....				
Висновки.....				
Перелік посилань.....				
Додаток А. [Назва]				
Додаток Б. [Назва]				

					ЛН...XXXXXX.001 ПЗ			
Зм	Арк	№ доквм	Підпис	Дат	[Назва РГР]	Літ.	Арк	Архівів
Розроб.								
Перев.								
Н.Контр.								
Зате.								
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		

ДОДАТОК В

Зразок титульного листа

пояснювальної записки розрахунково-графічної роботи

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до розрахунково-графічної роботи з дисципліни

«Комп'ютеризовані методи конструювання і розрахунку технологічних
трубопроводів»

на тему:

**РОЗРАХУНОК ВУЗЛІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВОДІВ НА
МІЦНІСТЬ**

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 РГР _____

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

•Аппарат химических производств

Ємність, призначена для ведення хімічних, теплових та інших технологічних процесів, а також для зберігання та транспортування газоподібних, рідких та інших речовин

Арматура

(трубопровідна 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 установаження 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)
Границя витривалості (Нд. Межа витривалості)	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 зруйнує метал (ДСТУ 3830–98)
Границя міцності (Нд Межа міцності)	Умове 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 Межа плинності, границя текучості, межа текучості)	Найменше умовне напруження, за якого зразок деформується без помітного збільшення навантаження (ДСТУ 2825–94)
Границя повзучості (Нд.Межа повзучості)	Напруження, за якого швидкість деформації повзучості або деформація повзучості за визначений час (за умовою) дорівнює заданій (ДСТУ 2825–94)
Границя пропорційності (Нд Межа пропорційності)	Найбільше умовне напруження, за якого з обумовленим відхиленням зберігається лінійна залежність між напруженнями і деформаціями у зразку (ДСТУ 2825–94)
Границя пружності (Нд Межа пружності)	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 Вентиль)	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 (ДНАОП 0.00.-1.07–94)
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 [4] 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 Модуль зсуву)	Відношення дотичного напруження до відповідної кутової деформації за чистого зсуву до границі пропорційності (ДСТУ 2825–94)
Модуль пружності під час розтягу (Нд Модуль Юнга)	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 (ДНАОП 0.00-1.07–94)
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 газо-подібних, 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 Тиск умовний)	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