



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

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНИХ РОБІТ  
для студентів спеціальності  
“Галузеве машинобудування”  
(Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та  
нафтопереробних виробництв)

з дисципліни

**“Розрахунок і конструювання типового обладнання – 1”.**  
**Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та**  
**стропових пристроїв”**

Київ-2017

Методичні вказівки до розрахунково-графічних робіт для студентів спеціальності “Галузеве машинобудування” (Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв) з дисципліни “Розрахунок і конструювання типового обладнання – 1. Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та стропових пристроїв”: [Електронний ресурс]: НТУУ „КПІ”; уклад. І. А. Андреев. – Київ: НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2017. – 23 с.

*Гриф надано Вченою радою  
інженерно-хімічного факультету  
НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”  
(Протокол № 8 від 23 жовтня 2017 р.)*

Для студентів інженерно-хімічного факультету.

Відповідальний редактор Степанюк Андрій Романович, доцент, к.т.н.

Рецензент:

Мікульонок Ігор Олегович, професор,  
НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”, д. т. н.

*Навчальне видання*

Андреев Ігор Анатолійович

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

для студентів спеціальності  
“Галузеве машинобудування” (Спеціалізація: Інжиніринг,  
обладнання та технології хімічних та нафтопереробних  
виробництв) з дисципліни  
“Розрахунок і конструювання типового обладнання – 1”.  
Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та  
стропових пристроїв”

## Зміст

Вступ.....	4
1. Вихідні дані до розрахунку апарата.....	5
2. Алгоритми і приклади розрахунків елементів сталевих апаратів, які знаходяться під дією внутрішнього тиску .....	8
2.1. Алгоритм і приклад розрахунку товщини півсферичної кришки (або днища) з умови міцності у безмоментній зоні у випадку, коли кришка навантажена внутрішнім тиском .....	9
2.2. Алгоритм і приклад розрахунку товщини сферичних невідборттованих днищ та кришок у випадку, коли вони знаходяться під дією внутрішнього тиску.....	14

## Вступ

Дисципліна “Розрахунок і конструювання типового устаткування – 1”. Розрахунок і конструювання тонкостінних посудин, опор та стропових пристроїв” викладається на кафедрі МАХНВ НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» у 6 семестрі студентам, які навчаються за спеціальністю “Галузеве машинобудування”

Дисципліна має дати знання забезпечення міцності, стійкості, жорсткості, герметичності, корозійної тривкості, конструктивної довершеності та інших вимог до основного хімічного обладнання.

Метою розрахунково-графічних робіт є набуття досвіду проведення розрахунків основних елементів обладнання хімічних виробництв, складання креслень вузлів апаратів, систематизація і закріплення лекційного матеріалу.

Теоретичні положення дисципліни викладені у навчально-методичних розробках викладачів кафедри, посилання на які подаються у вказівках.

## 1. ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОЗРАХУНКУ АПАРАТА

Апарат знаходиться під дією внутрішнього тиску  $p$ . З боку оболонки на корпус діє зовнішній тиск  $p_3$ . Елементи апарата зварені з листового прокату. Довжина зварних швів, що контролюються, становить 100 % від загальної довжини. Конічне днище виконано без відбортовки. Схема апарата наведена на рисунку 1.1, а вихідні дані для розрахунку – у таблицях 1.1 і 1.2.

Розрахунково-графічна робота включає розрахунки товщини півсферичної кришки з умови міцності у безмоментній зоні у випадку, коли кришка навантажена внутрішнім тиском і розрахунку товщини сферичних невідбортованих днищ та кришок у випадку, коли вони знаходяться під дією внутрішнього тиску, а також відповідні креслення.

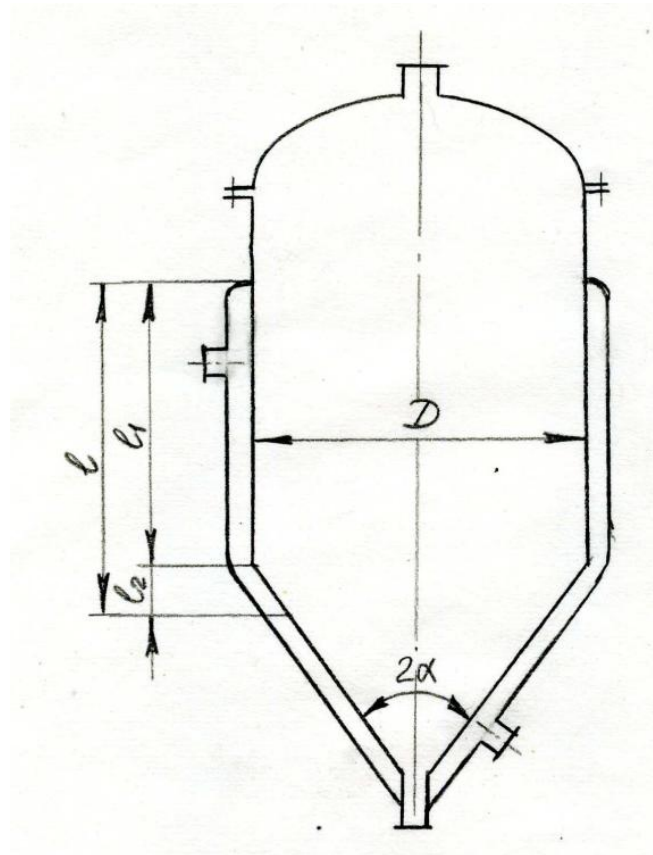


Рис. 1.1. Схема апарата

У прикладах подані розрахунки елементів цього апарата за робочих умов.

*Таблиця 1.1. Вид зварного шва*

Варіант	Вид зварного шва
1, 2	Стиковий, що виконується вручну з одного боку
3, 4	Стиковий з двобічним суцільним проваром, що виконується автоматичним зварюванням
5, 6,7	Стиковий, що доступний для зварювання з одного боку і що має у процесі зварювання металеву підкладку з боку кореня шва, яка прилягає по всій довжині шва до основного металу
8, 9, 10, 11	Стиковий з підварюванням кореня шва, що виконується вручну
12, 13	Стиковий з двобічним суцільним проваром, що виконується автоматичним зварюванням
14, 15	Стиковий з підварюванням кореня шва, що виконується вручну
16, 17	Стиковий з двобічним суцільним проваром, що виконується автоматичним зварюванням
18, 19, 20	Стиковий з підварюванням кореня шва, що виконується вручну

Таблиця 1.2. Вихідні дані до розрахунку

Варіант	$D$ , м	Внутр. діаметр нижн. патрубка $D_o$ , м	$l_l$ , м	$\alpha_k$ , град	Внутр. розрах. тиск $p$ , МПа	Зовн. розрах. тиск $p_z$ , МПа	$t$ , °С	Марка сталі елементів апарата	Швидкість корозії $v_{кор}$ , мм/рік	$\tau$ , рік
1	0,9	0,06	0,6	45	1,1	0,8	170	09Г2С	0,03	10
2	1	0,07	0,8	30	1,0	0,6	160	20К	0,08	15
3	1	0,07	0,9	45	1,1	0,7	165	16ГС	0,03	20
4	1,2	0,09	1,1	30	0,8	0,5	155	20	0,08	20
5	1,2	0,09	1,25	45	1,0	0,7	165	09Г2С	0,04	15
6	1,4	0,1	1,4	30	0,7	0,4	150	Ст3пс	0,05	20
7	1,4	0,1	1,6	45	0,9	0,6	160	16ГС	0,03	10
8	1,6	0,11	1,6	30	0,6	0,4	150	20	0,06	15
9	1,6	0,11	1,8	45	0,8	0,6	100	09Г2С	0,04	20
10	1,8	0,13	1,6	30	0,63	0,4	150	20	0,05	10
11	1,8	0,13	1,8	45	0,7	0,4	150	20К	0,06	15
12	2	0,14	2,2	30	0,54	0,3	140	Ст3пс	0,04	20
13	2	0,14	2,5	45	0,74	0,5	155	20К	0,07	10
14	2,2	0,16	1,6	30	0,54	0,4	150	10	0,08	15
15	2,2	0,16	1,8	45	0,64	0,5	155	Ст3пс	0,05	20
16	2,4	0,17	2,8	45	0,44	0,3	140	10	0,07	10
17	2,6	0,19	2,8	45	0,54	0,4	150	Ст3пс	0,05	15
18	2	0,14	2,5	30	0,50	0,4	170	09Г2С	0,07	20
19	2	0,14	2,5	45	0,45	6	175	16ГС	0,06	15
20	2	0,14	2,2	30	0,40	7	160	09Г2С	0,05	10

## 2. Алгоритми і приклади розрахунків елементів сталевих апаратів, які знаходяться під дією внутрішнього тиску

Розглянемо апарат, який знаходиться під дією внутрішнього тиску  $p$ . Елементи апарата зварені з листового прокату. Довжина зварних швів, що контролюються, становить 100 % від загальної довжини. Схема апарата наведена на рисунку 1.1, а вихідні дані для розрахунку – у таблицях 1.1 і 1.2. У прикладах подані розрахунки елементів цього апарата за 8 варіантом. Корозійне середовище знаходиться всередині апарата. Технологічний додаток  $C_3$  і додаток для компенсації ерозії  $C_e$  в наведених розрахунках не враховуються. В прикладах розглядаються різні варіанти конструктивних елементів, з яких складається апарат.

Для сталевих виливок крім розрахунку для робочих умов необхідно додатково виконати ще розрахунок для умов випробувань через те, що розрахунковий тиск в умовах випробування буде більшим, ніж розрахунковий тиск у робочих умовах, помножений на  $1,35 [\sigma]_{20} / [\sigma]$ . В цьому випадку при розрахунку товщини елемента замість розрахункового тиску  $p$  підставляють пробний тиск  $p_u$ . За виконавчу товщину елемента  $S$  приймають найбільшу з двох отриманих товщин.

У наведених нижче алгоритмах і прикладах розрахунків довідкові дані (посилання на таблиці і рисунки) беруться з посібника: Андреев І.А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском. Навч. посібник. – К.: «Видавництво «Політехніка», 2011. – 272 с.