

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

[illegible]

Перв. застосує.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка		
Довід. №					<u>Документація</u>				
	A4			БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Пояснювальна записка	1	76 с.		
					<u>Креслення</u>				
	A1			БІО106.610.007.001-10 АС	Апаратурно-технологічна				
					схема лінії виробництва				
					лимонної кислоти	1			
	A1			БІО106.610.007.100-10 СБ	Теплообмінник пластинчатий				
				Складальне креслення	1				
A2			БІО106.610.007.110-10 СБ	Плита нерухома					
				Складальне креслення	1				
A3			БІО106.610.007.113-10 СБ	Штуцер					
				Складальне креслення	1				
Підп. і дата	A2			БІО106.610.007.111-10	Плита	1			
	A2			БІО106.610.007.120-10	Плита прижимна	1			
	A3			БІО106.610.007.115-10	Фланець	1			
Взам. інв. №									
Підп. і дата									
Інв. № ориг.	Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	БІО106.610.007.000-10 ОП			
	Розроб.	Пряніков І. А.				Лінія виробництва лимонної кислоти з розробкою теплообмінника пластинчатого. Опис	Літ.	Аркуш	Аркушів
	Перев.	Мельник В. М.						1	1
	Н. контр.						КПІ ім. Ізгоря Сікорського		
	Затв.	Мельник В.М.					ФБТ, БІ-01		

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Імені Фгоря СІКОРСЬКОГО»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біотехніки та інженерії

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) В.М. Мельник
(ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2024 р.

Дипломний проект
освітньо-кваліфікаційного рівня « бакалавр »
(назва ОКР)

з напрямку підготовки (спеціальності) **– Машинобудування**
(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

на тему: **«Лінія виробництва лимонної кислоти з розробкою теплообмінника
пластинчатого»**.

Виконав: студент IV курсу, групи БІ-01

Пряніков Іван
(прізвище, ім'я, по батькові) _____
(підпис)

Керівник _____
д.т.н., професор Мельник В.М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) _____
(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2024 року

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: «Лінія виробництва лимонної кислоти з розробкою
теплообмінника пластинчатого».

Київ – 2024

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
Імені Ігоря Сікорського»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біотехніки та інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Напрямок підготовки Машинобудування
Спеціальність обладнання фармацевтичних і
біотехнологічних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) В.М. Мельник
(ініціали, прізвище)
«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Прохорову Юрію Юрійовичу

1. Тема проекту: «Лінія виробництва лимонної кислоти з розробкою теплообмінника пластинчатого», керівник проекту доц., к.т.н. Буртна І.А., затверджені наказом по університету від «__» _____ 2024 р. № _____
2. Строк подання студентом проекту _____
3. Вихідні дані до проекту: проектна потужність 500 тонн лимонної кислоти в нативному розчині за рік; масова витрата культуральної рідини 0,808 кг/с; початкова температура культуральної рідини +70°C; кінцева температура культуральної рідини +35°C; початкова температура води охолоджувальної +23°C; кінцева температура води охолоджувальної +30°C.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити): опис технологічного процесу, призначення та область використання теплообмінника пластинчатого, технічна характеристика, обґрунтування вибору обраної конструкції, розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції, рекомендації з охорони праці, рекомендації з монтажу та експлуатації.
5. Перелік графічного матеріалу: апаратурно-технологічна схема лінії виробництва лимонної кислоти (А1); теплообмінник пластинчатий (складальне креслення – А1); креслення складальних одиниць (плита нерухома (А2); штуцер (А3)); креслення деталей (плита (А2); плита прижимна (А2); фланець (А3)).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Опис технологічного процесу виробництва кристалічної лимонної кислоти	05.03.24-12.03.24	
2	Апаратурно-технологічна схема лінії виробництва лимонної кислоти	12.03.24-16.03.24	
3	Призначення та область застосування теплообмінника пластинчатого; обґрунтування вибору конструкції	16.03.24-23.03.24	
4	Патентний пошук	23.03.24-30.03.24	
5	Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції теплообмінника пластинчатого	30.03.24-13.04.24	
6	Рекомендації з охорони праці; рекомендації з монтажу та експлуатації	13.04.24-20.04.24	
7	Складальне креслення теплообмінника пластинчатого; креслення складальних одиниць, деталей	20.04.24-11.05.24	
8	Оформлення ПЗ	11.05.24-25.05.24	

Студент

(підпис)

Пряніков І.

Керівник проекту

(підпис)

Мельник В.М.

Реферат

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» на тему: «Лінія виробництва лимонної кислоти з розробкою теплообмінника пластинчатого» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник професор, д.т.н. Мельник В.М. – К., 2024. – 77 с.: іл. –9. Виконавець Пряніков І.– Бібліогр.: 30 п.

Проект включає:

– пояснювальну записку, яка містить: перелік скорочень, умовних позначень, вступ, 8 розділів, висновки, перелік посилань та додатки. Повний обсяг пояснювальної записки становить 76 сторінок, 9 рисунків, 4 таблиці і перелік посилань з 30 найменувань (на 2сторінках).

– графічну частину: апаратурно-технологічна схема лінії виробництва лимонної кислоти (А1); теплообмінник пластинчатий (складальне креслення – А1); креслення складальних одиниць (плита нерухома (А2); штуцер (А3)); креслення деталей (плита (А2); плита прижимна (А2); фланець (А3)).

Завдання проекту полягає у проектуванні теплообмінника пластинчатого, призначеного для охолодження культуральної рідини після стерилізації.

В першому розділі наведено сфери використання, фізичні та хімічні властивості лимонної кислоти.

В другому розділі представлено опис апаратурно-технологічної схеми лінії виробництва лимонної кислоти.

В третьому розділі описано призначення та область застосування теплообмінника пластинчатого, наведено ряд переваг, що зумовлюють його використання у виробництві.

В четвертому розділі проведений патентний пошук, виконаний порівняльний аналіз основних показників конструкції теплообмінника з діючими аналогами.

В п'ятому розділі наведена технічна характеристика теплообмінника пластинчатого.

В шостому розділі були проведені розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції теплообмінника пластинчатого:

- тепловий розрахунок. Метою якого є визначення площі поверхні теплообміну;
- конструктивний розрахунок. Вибір пластини, визначення компоновки пакета пластин і перевірка площі поверхні теплообміну;
- гідромеханічний розрахунок. Визначення швидкості руху теплоносіїв в штуцерах та вибір насосу;
- розрахунок на міцність. Перевірка умов міцності, герметичності фланцевого з'єднання.

В сьомому розділі наведені вимоги з охорони праці, пожежної та екологічної безпеки виробництва.

В восьмому розділі розглянуті питання з монтажу та експлуатації теплообмінника.

На основі проведених розрахунків спроектовано теплообмінник пластинчатий, який відповідає технічним вимогам і задовольняє потреби виробництва.

ТЕПЛООБМІННИК ПЛАСТИНЧАТИЙ, ЛИМОННА КИСЛОТА, ПЛАСТИНА, МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ СИНТЕЗ, КОМПАКТНІСТЬ, ТУРБУЛЕНТНІСТЬ, КУЛЬТУРАЛЬНА РІДИНА, РОЗБІРНИЙ, ПАКЕТ ПЛАСТИН.

Abstract

Diploma project of the educational qualification level “Bachelor” on the topic: “Citric acid production line with the development of a plate heat exchanger” / NTUU “KPI”; Supervisor Professor, Doctor of Technical Sciences Melnyk V.M. - K., 2024 - 77 p.: ill. Performer Pryanikov I. - Bibliogr.: 30 items.

The project includes:

- a list of abbreviations, symbolic notations, introduction, 8 chapters, conclusion, list of references and appendices. The full range of explanatory note is 76 pages, 9 figures, 4 tables and a list of 30 references (2 pages).

- Graphic part includes the following: apparatus - technological scheme of citric acid line production (A1); plate-type exchanger (assembly draft – A1); draft of assembly units (stationary plate (A2), connecting pipe (A3)); draft parts (plate (A2) pressure plate (A2), flange (A3)).

The task of the project is to design the plate-type exchanger intended to refrigeration the culture liquid after sterilization.

The first chapter information on applications, physical and chemical properties of citric acid.

The second chapter is devoted to the detailed description of citric acid line production.

In the third chapter the purpose and plate-type exchanger, application are described a number of advantages of its use in production.

In the fourth chapter, Patent search, is a comparative analysis of the main factors of the heat exchanger design with existing counterpart are described.

The fifth chapter provides technical characteristics of the plate-type exchanger.

In the sixth chapter the calculations confirming the efficiency and reliability of the design:

- thermal calculations. The purpose is to determine the surface area of heat transfer;

- constructive calculations. Choosing of the plate; definition of plate package layout and test of heat transfer surface area;

- hydromechanical calculations. Determination of the coolant velocity in connecting pipes and to elect pump;

- calculations of stability. Test for the strength, hermeticity of flange connection.

The seventh chapter is devoted to the requirements for labour safety, fire and environmental safety.

In the eighth chapter problems related to installation and operation of the heat exchanger are considered.

On the basis of calculations designed plate-type exchanger that meets the technical requirements and meets the needs of production.

PLATE-TYPE EXCHANGER, CRITIC ACID, PLATES, MICROBIOLOGICAL SYNTHESIS, COMPACTNESS, TURBULENCE, CULTURE LIQUID, FOLDING, PLATE PACKAGE.

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень і термінів	12
Вступ.....	15
1. Призначення та область застосування лінії виробництва лимонної кислоти	17
1.1. Призначення лимонної кислоти та галузь застосування.....	18
2. Опис технологічного процесу виробництва кристалічної лимонної кислоти	20
3. Опис і обґрунтування вибраної конструкції.....	23
3.1. Обґрунтування вибору конструкції теплообмінника пластинчастого ..	23
4. Патентний пошук	25
5. Технічна характеристика теплообмінника пластинчастого	26
6. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції пластинчастого теплообмінника.....	27
6.1. Вихідні дані	27
6.2. Тепловий розрахунок	28
6.3. Конструктивний розрахунок	32
6.4. Гідромеханічний розрахунок.....	35
6.5. Розрахунок фланцевого з'єднання.....	37
7. Охорона праці	47
7.1. Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів (ШНВФ) на об'єкті. Заходи з охорони праці	47
7.1.1. Повітря робочої зони.....	47

					<i>Б10106.610.007.000-10 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пряніков І. А.			<i>Лінія виробництва лимонної кислоти з розробкою теплообмінника пластинчастого</i>		Літ.	Арк.
Перев.		Мельник В. М.						10
								77
Н. Контр.							<i>«КПІ ім. Ізгоря Сікорського», ФБТ</i>	
Затверд.		Мельник В. М.						

7.1.2.	Виробниче освітлення.....	53
7.1.3.	Виробничий шум та вібрації	54
7.1.4.	Заходи щодо електробезпеки	55
7.1.5.	Безпека технологічних процесів і обслуговування устаткування.....	57
7.2.	Пожежна безпека.....	58
8.	Рекомендації з монтажу та експлуатації.....	61
	Висновки	64
	Перелік посилань.....	65
	Додатки	68
	Додаток А	69
	Додаток Б	71
	Додаток В	77

Перелік скорочень, умовних позначень і термінів

ЖС – живильне середовище;
 ПМ – посівний матеріал;
 ПС – поживне середовище;
 КР – культуральна рідина;
 П-1 – повітрозбірник;
 Ф-2 – фільтр вісциновий;
 К-3 – турбокомпресор;
 Т-4 – теплообмінник кожухотрубний;
 Р-5 – ресивер;
 Ф-6 – фільтр головний;
 Ф-7 – фільтр головної очистки;
 І-8, І-10 – інокулятор;
 Р-11, Р-13 – реактор змішувач;
 Н-12, Н-19 – відцентровий електронасос;
 Н-14 – насос плунжерний;
 Ф-15, Ф-17 – ферментер;
 К-16, К-20 – колона нагрівання;
 Є-18, Є-23, Є-25, Є-26 – буферна ємність;
 В-21 – витримувач;
 Т-22 – теплообмінник пластинчатий;
 Ф-24 – фільтр-прес автоматичний;
 Ш-27 – шнек;
 С-28 – сушарка двовальцюва;
 G – масова витрата, $кг/с$;
 t – температура, $^{\circ}C$;
 c – теплоємність, $Дж/кг \cdot ^{\circ}C$;
 ρ – густина, $кг/м^3$;
 λ – коефіцієнт теплопровідності, $Вт/м \cdot ^{\circ}C$;

					<i>БІО106.610.007.000-10 ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, $Па \cdot c$;

ν – коефіцієнт кінетичної в'язкості, $м^2/c$;

V – об'ємна витрата, $м^3/c$;

W – швидкість руху рідини, $м/c$;

F – площа поверхні теплообміну, $м^2$;

f – площа поперечного перерізу каналу, $м^2$;

Q – кількість теплоти, $Вт$;

$\Delta t_m, \Delta t_6$ – різниці температур між найменшими і найбільшими значеннями, $^{\circ}C$;

K – коефіцієнт теплопередачі, $Вт/м^2 \cdot K$;

α – коефіцієнт тепловіддачі, $Вт/м^2 \cdot K$;

δ – товщина пластини, $м$;

R – термічний опір забруднень, $Вт/м^2 \cdot K$;

$d_{екв}$ – еквівалентний діаметр каналу, $м$;

D_y – умовний діаметр штуцера;

Re – критерій Рейнольдса;

Nu – критерій Нусельта;

Pr – критерій Прандтля;

ΔP – гідравлічний опір, $Па$;

L – довжина каналу, $м$;

ξ – коефіцієнт загального гідравлічного опору;

m – число каналів в пакеті, шт.;

n – число пластин, шт.;

X – число ходів, шт.;

φ – коефіцієнт міцності зварних швів;

D_n – зовнішній діаметр фланця, $м$;

D_6 – діаметр болтової окружності, $м$;

d_6 – діаметр болта, $м$;

l_b – довжина болта, $м$;

u_1 – нормативний зазор, $м$;

k_{np} – прокладочний коефіцієнт;

a – конструктивний додаток до розміру болтів, $м$;

h_n – товщина прокладки, $м$;

b – ширина прокладки, $м$;

k_n – коефіцієнт обтискання прокладки ;

E – модуль пружності, $МПа$;

f_b – площа поперечного перерізу болта, $м^2$;

ν, ψ_1, ψ_2 – конструктивні коефіцієнти;

α_ϕ – коефіцієнт об’ємного розширення фланця, $^{\circ}C^{-1}$;

α_b – коефіцієнт об’ємного розширення болтів, $^{\circ}C^{-1}$;

α_c – коефіцієнт об’ємного розширення вільного кільця, $^{\circ}C^{-1}$;

q – зусилля герметизації, $МПа$;

$[\sigma]$ – граничне напруження, $МПа$;

$[P]$ – допустимий тиск, $МПа$;

y_ϕ – піддатливість фланця, $1/(м \cdot МН)$;

y_b – піддатливість болтів, $м/МН$;

y_c – піддатливість вільного кільця, $1/(м \cdot МН)$;

$[\theta]$ – граничний кут повороту, $рад$;

$S_{RS}^A, S_{RS}^B, S_{RS}^B, S_{RS}^G$ – товщини стінок патрубків, для відповідних штуцерів А, Б, В, Г, $мм$;

l_R – розрахункова довжина патрубків, $м$.

Вступ

В останні десятиліття спостерігається стрімкий розвиток промислової біотехнології, зокрема виробництва органічних кислот, не лише в Україні, а й в інших країнах. Цей сектор відіграє важливу роль у виробництві антибіотиків, вітамінів, амінокислот, ферментів та продуктів цільового призначення.

Одним з основних напрямків є виробництво харчових органічних кислот, серед яких лимонна кислота посідає чільне місце. Її виразний смак і різноманітні фізичні та хімічні властивості зумовили її широке застосування в різних галузях промисловості.

Лимонна кислота відіграє важливу роль у харчовій промисловості як консервант, підсилювач смаку та регулятор кислотності. Крім того, вона використовується у фармацевтиці, косметичі та хімічній промисловості, вносячи свій вклад у виробництво ліків, косметики, миючих засобів та багатьох інших продуктів.

Використання мікробіологічного методу виробництва лимонної кислоти забезпечує ефективне та екологічно чисте виробництво. Застосування біотехнологій у виробництві органічних кислот гарантує отримання високоякісної, стабільної продукції з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

Таким чином, виробництво лимонної кислоти залишається актуальною та перспективною галуззю, яка суттєво впливає на різні аспекти життя. Стрімкий розвиток біотехнологічних методів дозволяє підвищити продуктивність та ефективність, що сприяє подальшому зростанню цієї галузі.

До початку 1920-х років видобуток лимонної кислоти переважно базувався на лимонному соку, задовольняючи близько трьох чвертей світових потреб (з однієї тонни лимонів отримували приблизно 25 кг лимонної кислоти) [3].

					<i>БІО106.610.007.000-10 ПЗ</i>	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У 1893 році німецький вчений К. Вемер відкрив можливість виробництва лимонної кислоти шляхом культивування мікроскопічних грибів у цукрових поживних середовищах [4].

Традиційно основним споживачем виробленої таким чином лимонної кислоти є харчова промисловість, яка віддає перевагу натуральним продуктам бродіння через їх переваги перед хімічно синтезованими та відсутність шкідливих для здоров'я людини домішок. Лимонна кислота, визнана нешкідливою харчовою добавкою (Е330), широко використовується в медицині, кондитерській, косметичній та інших галузях. Ключовим завданням у виробництві лимонної кислоти є досягнення високого виходу сполуки [5].

Попит на лимонну кислоту продовжує зростати, особливо в колишніх соціалістичних країнах, де її пропозиція залишається недостатньою. Відповідно, створюються нові потужності, щоб задовольнити цей зростаючий попит [4].

В рамках цього проекту основна увага приділяється проектуванню лінії виробництва лимонної кислоти, що включає в себе кожухотрубний теплообмінник, призначений для нагріву вихідного середовища.

Проектування теплообмінника включає в себе теплові розрахунки для визначення теплового навантаження, коефіцієнтів теплопередачі, площі поверхні та термічного опору теплообмінника. Конструктивні елементи проектуються таким чином, щоб забезпечити надійність, цілісність і відповідність стандартам безпеки.

Запроектований пристрій повинен відповідати суворим вимогам безпеки, забезпечуючи герметичність, надійність і зручність експлуатації.

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Призначення та область застосування лінії виробництва лимонної кислоти

Кожухотрубний теплообмінник призначений для ефективної передачі тепла між двома різними середовищами. Його конструкція складається з двох камер - трубної та міжтрубної - кожна з яких виконує певні функції. Трубна камера містить трубки, по яких протікає одне середовище, в той час як в міжтрубному просторі знаходиться інше середовище, що обволікає ці трубки.

Цей тип теплообмінників знаходить широке застосування в різних галузях промисловості. Він використовується для охолодження, нагрівання, конденсації і випаровування рідин, газів і парів в різних промислових умовах, таких як електростанції, хімічна і нафтова промисловість, виробництво паперу, харчова і фармацевтична промисловість, а також в системах опалення та охолодження будівель і в багатьох інших технологічних процесах.

Ефективність кожухотрубних теплообмінників ґрунтується на значній площі поверхні теплообміну, простоті виготовлення, надійності в експлуатації та здатності працювати в агресивних середовищах і під високим тиском. Вони забезпечують ефективний і швидкий теплообмін між середовищами, що дозволяє підтримувати оптимальні температури, підвищувати продуктивність технологічних процесів і знижувати витрати енергії.

Кожухотрубчасті теплообмінники є одними з найбільш часто використовуваних поверхневих теплообмінників, які застосовуються, коли виникає потреба нагріти або охолодити середовище для обробки та утилізації тепла. Ці механізми теплообміну переважно використовуються в хімічній, нафтохімічній, енергетичній, металургійній та харчовій промисловості.

У горизонтальному кожухотрубному теплообміннику теплообмін відбувається між робочими середовищами через глуху стінку, де, в даному випадку, м'яса нагрівається водою. Такий вибір конструкції допомагає пом'якшити температурні спотворення, що виникають внаслідок значної різниці температур між трубами і кожухом, збільшеної довжини труб і

різниці в матеріалах між ними. У цій конфігурації один з теплоносіїв, у нашому випадку м'яса, протікає через трубки, а вода циркулює в міжтрубному просторі.

Забезпечення стабільності роботи теплообмінника передбачає незначне збільшення площі теплообміну порівняно з початковими проектними характеристиками. Це навмисне регулювання має на меті підтримувати стабільну роботу теплообмінника навіть в умовах поступового потоншення стінок труб з плином часу. Міцність і надійність конструкції в першу чергу обумовлені використанням високолегованої сталі в якості обраного матеріалу.

1.1. Призначення лимонної кислоти та галузь застосування

Лимонна кислота з хімічною формулою $C_6H_8O_7$ є однією з найпоширеніших і найважливіших органічних кислот, що використовуються в багатьох галузях промисловості, зокрема в харчовій та фармацевтичній. Широке застосування та адаптивність роблять її важливим інгредієнтом у багатьох виробничих процесах і продуктах [5].

Хоча лимонна кислота має приємний цитрусовий смак, який природним чином міститься в різних фруктах, зокрема лимонах і лаймах, її промислове виробництво ґрунтується на біохімічному синтезі або ферментативному окисленні цукрів. Ці процеси уможливають великомасштабне виробництво високоякісної лимонної кислоти.

Застосування лимонної кислоти багатогранне і залежить від її фізичних і хімічних властивостей. У харчовій промисловості вона використовується як харчова добавка (E330) для підвищення кислотності, збереження та покращення смаку різних продуктів, включаючи напої, кондитерські вироби, солодощі та морозиво. Крім того, у фармацевтичному секторі лимонна кислота відіграє ключову роль як регулятор рН, антиоксидант і фундаментальний компонент у виробництві лікарських препаратів.

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

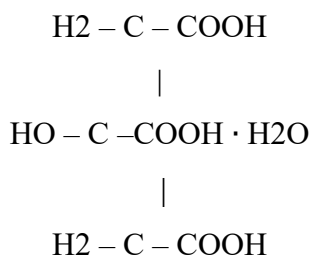
Крім того, лимонна кислота є поширеним замінником фосфатів у багатьох галузях промисловості, включаючи миючі засоби, косметику, електроліти для акумуляторів, виробництво паперу та текстилю, очищення води та виробництво добрив.

У харчовій промисловості її основним застосуванням залишається харчова добавка Е330 [1]. Лимонна кислота знаходить широке застосування у виробництві лимонадів, фруктових соків, есенцій, лікерів, різноманітних солодоців, морозива, тортів, кремів та низки інших харчових продуктів. Крім того, вона сприяє подовженню терміну зберігання м'яса, сала, маргарину та вершкового масла. У процесі консервування лимонна кислота допомагає зберегти колір фруктів і овочів, рівень вітамінів і поживних речовин, а також покращує загальний смак кінцевого продукту.

Косметична промисловість використовує лимонну кислоту в кремах для догляду за шкірою для подовження терміну придатності. У фармацевтиці вона слугує консервантом для крові та відіграє важливу роль у формулюванні ліків для лікування ниркових захворювань і рахіту.

У комунальному господарстві лимонна кислота використовується для очищення резервуарів котлів і систем гарячого водопостачання, а в металургійному секторі - як хімічний полірувальний засіб для кольорових металів, таких як мідь, алюміній, і входить до складу гальванічних ванн і металевих сплавів, таких як мідь [5].

Лимонна кислота - це органічна кислота, яка природним чином присутня у фруктах, овочах, молоці та м'ясі. Вона синтезується в організмі людини в процесі метаболізму жирів і вуглеводів. Як білий кристалічний порошок без запаху з приємним кислуватим смаком [5], він відноситься до категорії оксикислот і має наступну структурну формулу:



2. Опис технологічного процесу виробництва кристалічної лимонної кислоти

Апаратурно-технологічна схема, описана в Додатку А.

Для використання турбокомпресора К-3 для стиснення і нагнітання повітря, причому стиснення повітря відбувається за рахунок відцентрової сили і подальшого нагрівання. Нагріте повітря потрапляє в кожухотрубний теплообмінник Т-4 для охолодження.

Первинний контейнер Р-5 функціонує для вирівнювання тиску в системі, забезпечуючи рівномірну подачу повітря до фільтрів. Процес стерилізації починається з пропускання повітря через два основні фільтри, F-6 і F-7, після підготовки посівного матеріалу об'ємом 0,02 м³ в лабораторних умовах. Одночасно готується поживне середовище в інокуляторі І-8 (0,4 м³), яке стерилізується глухою парою при 125–130 °С протягом 30 хвилин. Після охолодження до 35–36 °С до середовища вносять ПМ через полум'я спиртового пальника. Ріст міцелію відбувається в інокуляторі І-8 на поживному середовищі, що складається з глюкози, хлориду амонію, КН₂РО₄, хлориду натрію, семиводного сульфату магнію, семиводного сульфату цинку, п'ятиводного сульфату міді та води.

Після завершення ферментації в інокуляторі І-8 готовий посівний матеріал стерильним повітрям переносять в інокулятор І-10 (4 м³), де підтримуються аналогічні умови ферментації.

Готову закваску з І-10 під тиском стерильного повітря подають у ферментатор першого ступеня F-15 (40 м³), куди попередньо завантажують нестерильну ЖМ. Аерація сприяє ферментації до тих пір, поки не буде досягнуто вміст клітинної маси 3,9 % мас.

Паралельно в реакторі-змішувачі Р-11 готують ПС з використанням заданих кількостей різних компонентів, розчинених у питній воді. Цей цикл приготування займає 5 годин.

Додатково готується розчин каустичної соди в реакторі-змішувачі Р-13 з використанням води і NaOH, з аналогічним циклом приготування тривалістю 5 годин. Цей розчин потім обробляється в наступному реакторі

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Диметилсульфоксид подається в резервуар Е-18 з підземного резервуару за допомогою занурювального насосу, що забезпечує безперервну 24-годинну подачу.

Після завершення початкової ферментації безперервний потік PS з реактора Р-11 за допомогою насоса Н-12 направляється у ферментер F-15. У ферментатори F-15 і F-17 також вносять 10% розчин каустичної соди і диметилсульфоксид, відповідно, згідно з заданими витратами і співвідношенням аерації.

Після закінчення подачі ПС і розчину лугу в реактори Р-11 і Р-13 потоки перенаправляються в реактори Р-12 і Р-14. Підтримання температури бродіння та рівня рН забезпечується за рахунок подачі охолоджувальної води в корпуси ферментаторів та потоку розчину каустичної соди.

ПП, що виходить з ферментатора F-17 з безперервною витратою 2745,15 кг/год (2,7 м³/год), направляється насосом Н-19 до нагрівальної колони К-20. Тут він зустрічається з гарячою парою під тиском 0,3 МПа (163,7 кг/год, 100 м³/год). Отримана суміш КР і парового конденсату виходить з колони при температурі 70°C, стікаючи зі швидкістю 2908,85 кг/год (2,9 м³/год) в ємність В-21. Звідти ця суміш проходить через пластинчастий теплообмінник Т-22, охолоджується проточною водою до 35°C, а потім перекачується в буферну ємність Е-23. Після заповнення Е-23 потік плазмолізованих компакт-дисків перенаправляється до другого буферного резервуару, а з першого подається на автоматичний фільтр-прес F-24.

Фільтр-прес F-24 фільтрує 3,45 м³ КР під тиском 1,2 МПа протягом 0,56 години, включаючи наступне промивання 0,121 м³ води під тим же тиском протягом 0,4 години. Загальна тривалість циклу для F-24 становить 1,21 години. Отриманий фільтрат надходить в буферний резервуар Е-25 об'ємом 1,6 м³, що містить лимонну кислоту, яка потім направляється на установку виробництва товарної лимонної кислоти.

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Осад, зібраний фільтром, переміщується в буферну ємність Е-26 (об'ємом 0,1 м³), а звідти шнеком Ш-27 подається в двовалкову сушарку S-28 з безперервним потоком 126,1 кг/год. Висушений продукт надходить на ділянку подрібнення та пакування [1].

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Опис і обґрунтування вибраної конструкції

Пластинчасті теплообмінники (рисунок 3.1) знайшли широке застосування у хімічній, нафтохімічній, харчовій промисловості, системах опалення, утилізації теплоти, вентиляції та кондиціонування повітря, холодильних установках (в якості випарників, конденсаторів, охолоджувачів масла для гвинтових компресорів, утилізаторів теплоти конденсації), в багатьох інших системах.

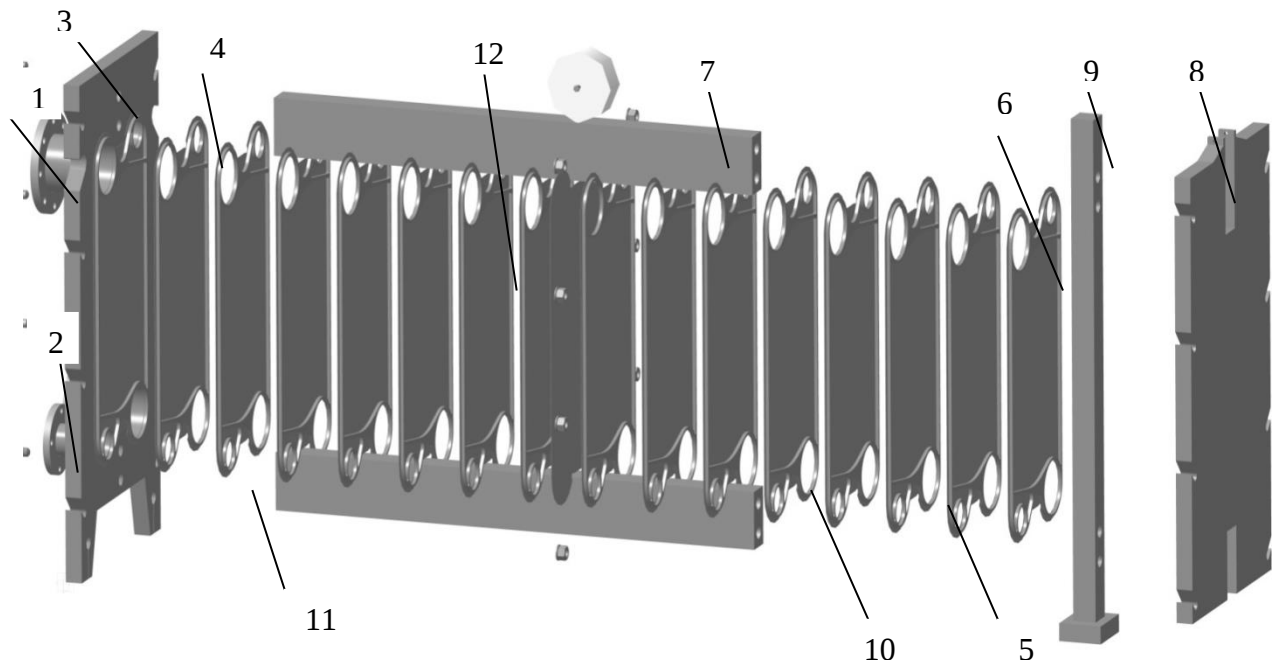


Рисунок 3.1. Схема пластинчатого теплообмінного апарату

1, 2, - штуцера; 3 – плита нерухома; 4 - верхній кутовий отвір; 5 - кільцева гумова прокладка; 6 - гранична пластина; 7 - штанга; 8 - нажимна плита; 9 - задня стійка; 10 - велика гумова прокладка; 11 - нижній кутовий отвір; 12 - теплообмінна пластина.

3.1. Обґрунтування вибору конструкції теплообмінника пластинчастого

Широкий спектр застосування пластинчастих теплообмінників підкреслює їх перевагу над традиційними кожухотрубними теплообмінниками [4]. Ці переваги охоплюють кілька ключових аспектів:

- Стандартизація компонентів дозволяє створювати різноманітні поверхні теплообміну на основі ідентичних типів пластин.
- Ефективність виготовлення пластин і високий рівень механізації сприяють оптимізації виробничих процесів.
- Ці теплообмінники мають високий коефіцієнт теплопередачі в поєднанні з низьким гідравлічним опором. Пілотні випробування аміачного пластинчастого конденсатора показали коефіцієнт 2500-3100 Вт/(м²·К) при середніх швидкостях води $W = 0,4 \div 0,5$ м/с [5].
- Компактність і менша вага призводять до значно меншого внутрішнього об'єму робочих середовищ, що є вирішальною перевагою при роботі з дорогими або небезпечними рідинами, такими як аміак. Заміна традиційних випарників або конденсаторів на пластинчасті теплообмінники призвела до значного скорочення споживання рідини, виробничої площі та ваги, що було продемонстровано в порівняльних дослідженнях.
- Доступ до поверхні теплообміну, особливо в розбірних або напіврозбірних конструкціях, дозволяє проводити візуальний огляд, заміну пластин, зміну їх кількості та очищення поверхні механічними засобами.
- Висока турбулентність потоку в каналах сприяє деякому самоочищенню поверхні теплообміну, знижуючи експлуатаційні витрати.
- Численні точки контакту між гофрованими пластинами зводять до мінімуму вібрацію пристрою.
- Вхідні та вихідні труби, розташовані на одній пластині, усувають необхідність у фундаменті, що спрощує монтаж пристрою.

Таким чином, завдяки цим численным перевагам, розбірна конструкція пластинчастого теплообмінника була обрана в якості кращого варіанту.

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Патентний пошук
РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № БІ-010751031-10

Найменування: Пластинчатий теплообмінник

Шифр теми: БІ-010751031-10

Етап: Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:

№ БІ-010751031-10, 23.03.2024 р.

Обґрунтування регламентного пошуку:

Предмет пошуку – Теплообмінники пластинчаті (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

Мета пошуку інформації: Визначення патентної ситуації щодо апаратів (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку: Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, ЄСРР, США.

Ретроспективність: Регламент пошуку встановлюємо такий: 1994 – 2015 рр.

Класифікаційні індекси: Міжнародна патентна класифікація: МПК5 і МПК6 – F 22 D 1/32, F 22 D 1/28, F 22 D 1/22, F 22 D 1/30; МПК 7 - F 22 D 1/28 Уніфікована десяткова класифікація УДК 621.565(088.8).

Джерела інформації: 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту, Роспатенту й Госпатенту ЄСРР. 2) База даних патентів України (ukrpatent.org).

Початок пошуку 23.03.2024 р. Закінчення пошуку 30.03.2024 р.

Патентна документація наведена в додатку Б.

					БІ0106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Технічна характеристика теплообмінника пластинчатого

Апарат призначений для охолодження культуральної рідини.

1. Поверхня теплообміну m^2 : 2,8.
2. Робочий тиск, МПа: 0,3.
3. Середовище в апараті:
вода охолоджувальна;
культуральна рідина.
4. Середовище в апараті: корозійне.
5. Температура середовища, С:
вода охолоджувальна:
на вході 23;
на виході 30;
культуральна рідина:
на вході 70;
на виході 35.
6. Тип пластин: 0,2.
7. Площа пластини m^2 : 0,2.
8. Кількість пластин, шт.: 14.
9. Матеріал пластини: Сталь 15Х25Т ГОСТ 5582-75.
10. Габаритні розміри, мм:
висота 1530;
ширина 690;
довжина 1785.
11. Маса апарата, кг: 440.

6. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції
пластинчастого теплообмінника

6.1. Вихідні дані

Витрата культуральної рідини: $G_1 = 0,808$ кг/с.

Витрата охолоджувальної води: $G_2 = 3,665$ кг/с.

Початкова температура:

– культуральної рідини:

на вході: $t'_1 = 70^\circ\text{C}$;

на виході: $t''_1 = 35^\circ\text{C}$;

– охолоджувальної води:

на вході: $t'_2 = 23^\circ\text{C}$;

на виході: $t''_2 = 30^\circ\text{C}$.

Робочий тиск в апараті: $P = 0,3$ МПа.

Максимально допустимий гідравлічний опір:

– з сторони культуральної рідини: $\Delta P_1 = 0,105$ МПа;

– з сторони охолоджувальної води: $\Delta P_2 = 0,3$ МПа.

Теплофізичні властивості :

– культуральної рідини (при $\bar{t}_1 = 52,5^\circ\text{C}$):

густина: $\rho_1 = 1\,025$ кг/м³ ;

питома теплоємність: $c_1 = 3\,800$ Дж/кг · К ;

коефіцієнт теплопровідності: $\lambda_1 = 0,57$ Вт/м · К ;

кінематична в'язкість: $\nu_1 = 0,968 \cdot 10^{-6}$ м²/с ;

– охолоджувальної води (при $\bar{t}_2 = 26,5^\circ\text{C}$):

густина: $\rho_2 = 996,7$ кг/м³ ;

питома теплоємність: $c_2 = 4\,183,5$ Дж/кг · К ;

коефіцієнт теплопровідності: $\lambda_2 = 0,611$ Вт/м · К ;

кінематична в'язкість: $\nu_2 = 0,88 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Теплообмінник компонується з пластин типу 0,2.

Геометричні розміри пластини:

площа поверхні теплообміну пластини:	$F_1 = 0,2 \text{ м}^2;$
еквівалентний діаметр каналу:	$d_e = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$
площа поперечного перерізу каналу:	$f_1 = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$ $f_2 = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$
довжина каналу:	$L_{\pi} = 0,518 \text{ м};$
умовні діаметри штуцерів:	$D_{y1} = 0,08 \text{ м};$ $D_{y2} = 0,15 \text{ м}.$

6.2. Тепловий розрахунок

Даний розрахунок виконаний за методикою представленою в Барановском Н.В. «Пластинчатые и спиральные теплообменники» [6]:

1. Кількість теплоти переданої за одиницю часу:

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1' - t_1'') = 0,808 \cdot 3\,800 \cdot (70 - 35) = 107\,464 \text{ Вт}.$$

2. Витрата охолодженої води:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_2'' - t_1')} = \frac{107\,464}{4\,183,5 \cdot (30 - 23)} = 3,669 \frac{\text{кг}}{\text{с}};$$

$$V_2 = \frac{3\,600 \cdot G_2}{\rho_2} = \frac{3\,600 \cdot 3,669}{996,7} = 13,25 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

3. Середній температурний напір:

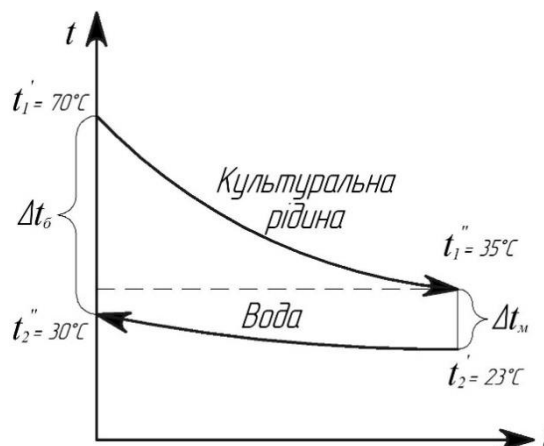


Рисунок 6.1 – Схема потоків

$$t_1' = 70^\circ\text{C} \rightarrow t_1'' = 35^\circ\text{C};$$

$$t_2'' = 30^\circ\text{C} \leftarrow t_2' = 23^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_6 = 40^\circ\text{C}; \quad \Delta t_m = 12^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} = \frac{40 - 12}{\ln \frac{40}{12}} = 23,2^\circ\text{C}.$$

4. Швидкість руху культуральної рідини в каналах теплообмінного апарату, для орієнтовного розрахунку швидкості приймемо:

$$K = 1\,030 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}; \quad \xi'_1 = 1,95,$$

де K – коефіцієнт теплопередачі; ξ – коефіцієнт загального гідрравлічного опору одиниці відносної довжини каналу, тоді:

$$W_1 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{K \cdot \Delta t_{cp} \cdot \Delta P_1}{c_1 \cdot (t_1' - t_1'') \cdot \rho_1^2 \cdot \xi'_1}} =$$

$$= 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1\,030 \cdot 23,2 \cdot 105\,000}{3\,800 \cdot (70 - 35) \cdot 1\,025^2 \cdot 1,95}} = 0,419 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

Де ΔP_1 – гідрравлічний опір пластин.

5. Критерій Рейнольдса:

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot d_e}{\nu_1} = \frac{0,419 \cdot 88 \cdot 10^{-4}}{0,968 \cdot 10^{-6}} = 3\,809.$$

6. Перевіряємо прийняте значення коефіцієнта загального гідродинамічного опору:

$$\xi_1 = \frac{15}{Re_1^{0,25}} = \frac{15}{3\,809^{0,25}} = 1,90.$$

Відмінність отриманого значення ξ_1 від прийнятого для розрахунку не більше 5% , тому перерахунок швидкості не потрібний.

7. Значення критеріїв Прандтля для суспензії:

– при $\bar{t}_1 = 52,5^\circ\text{C}$

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \nu_1 \cdot \rho_1}{\lambda_1} = \frac{3\,800 \cdot 0,968 \cdot 10^{-6} \cdot 1\,025}{0,57} = 6,6;$$

– при $\bar{t}_{\text{ст}} = 0,5 \cdot (\bar{t}_1 + \bar{t}_2) = 39,5^\circ\text{C}$

$$Pr_{\text{ст}1} = 10,7.$$

8. Критерій Нуссельта:

$$\begin{aligned} Nu_1 &= 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Rr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{\text{ст}1}}\right)^{0,25} = \\ &= 0,135 \cdot 3\,809^{0,73} \cdot 6,6^{0,43} \cdot \left(\frac{6,6}{10,7}\right)^{0,25} = 130. \end{aligned}$$

9. Коефіцієнт тепловіддачі від суспензії до стінки:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_e} = \frac{130 \cdot 0,57}{88 \cdot 10^{-4}} = 8\,420 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

10. Швидкість руху води в каналах теплообмінного апарату:

– для розрахунку швидкості приймемо:

$$K = 1\,030 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}; \xi'_2 = 1,55,$$

– тоді:

$$\begin{aligned} W_2 &= 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{K \cdot \Delta t_{\text{ср}} \cdot \Delta P_2}{c_2 \cdot (t_2'' - t_2') \cdot \rho_2^2 \cdot \xi'_2}} = \\ &= 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{1\,030 \cdot 23,2 \cdot 300\,000}{4\,183,5 \cdot (30 - 23) \cdot 996,7^2 \cdot 1,55}} = 1,083 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \end{aligned}$$

11. Критерій Рейнольдса:

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_e}{\nu_2} = \frac{1,083 \cdot 88 \cdot 10^{-4}}{0,88 \cdot 10^{-6}} = 10\,830.$$

12. Перевіряємо прийняте значення коефіцієнта загального гідродинамічного опору:

$$\xi_2 = \frac{15}{Re_2^{0,25}} = \frac{15}{10\,830^{0,25}} = 1,47.$$

Відмінність отриманого значення ξ_1 , від прийнятого для розрахунку, не більше 5%, тому перерахунок швидкості не потрібний.

13. Значення критеріїв Прандтля для води:

– при:

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\bar{t}_2 = 26,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow Pr_2 = 6,8;$$

– при

$$\bar{t}_{\text{ст}2} = 39,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow Pr_{\text{ст}2} = 4,9.$$

14. Критерій Нуссельта:

$$\begin{aligned} Nu_2 &= 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Rr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{\text{ст}2}} \right)^{0,25} = \\ &= 0,135 \cdot 10\,830^{0,73} \cdot 6,8^{0,43} \cdot \left(\frac{6,8}{4,9} \right)^{0,25} = 295. \end{aligned}$$

15. Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{295 \cdot 0,611}{88 \cdot 10^{-4}} = 20\,482 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

16. Термічний опір стінки пластини і забруднень на ній:

– термічний опір забруднень на стінці з сторони суспензії:

$$R_{\text{загр}1} = 1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}};$$

– термічний опір стінки (з сталі марки 15Х25Т) при товщині $\delta_1 = 1 \text{ мм}$:

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,001}{17} = 58 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}};$$

– термічний опір забруднень на стінці з сторони води:

$$R_{\text{загр}2} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}.$$

17. Коефіцієнт теплопередачі:

$$\begin{aligned} K &= \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + R_{\text{загр}1} + R_{\text{загр}2} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} = \\ &= \left(\frac{1}{8\,420} + 0,58 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{20\,482} \right)^{-1} = 1902 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}. \end{aligned}$$

18. Площа поверхні теплообміну апарата:

$$F_a = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{107\,464}{1902 \cdot 23,2} = 2,44 \text{ м}^2.$$

Відповідно до наведених розрахунків, для проведення виробничого процесу необхідна площа поверхні теплообміну $F_a = 2,8 \text{ м}^2$, яку ми набираємо з стандартних пластин (тип 02, площа поверхні теплообміну $0,2 \text{ м}^2$).

6.3. Конструктивний розрахунок

Конструктивний розрахунок теплообмінника проводиться з метою визначення компоновки пакета пластин і перевірки площі поверхні теплообміну при обраній компоновці. Даний розрахунок наведений в Мамченко В.О. «Пластинчатые теплообменники в низкотемпературной технике и биотехнологических процессах» [7].

1. Площа поперечного перерізу пакету:

- по стороні ходу суспензії:

$$f_{п1} = \frac{V_1}{3600 \cdot W_1} = \frac{2,9}{3600 \cdot 0,419} = 0,0192 \text{ м}^2;$$

- по стороні ходу води:

$$f_{п2} = \frac{V_2}{3600 \cdot W_2} = \frac{13,25}{3600 \cdot 1,083} = 0,0339 \text{ м}^2.$$

2. Число каналів в одному пакеті:

- для суспензії:

$$m_1 = \frac{f_{п1}}{f_1} = \frac{0,0192}{0,0055} = 3,5,$$

- для води:

$$m_2 = \frac{f_{п2}}{f_2} = \frac{0,0339}{0,0097} = 3,49,$$

3. Число пластин в пакеті:

- для суспензії: $n_1 = 2 \cdot m_1 = 2 \cdot 3,5 = 7;$

- для води: $n_2 = 2 \cdot m_2 = 2 \cdot 3,49 = 6,98,$

прийmemo $n_2 = 7.$

4. Площа поверхні теплообміну одного пакету:

– для суспензії:

$$F_{\Pi_1} = F_1 \cdot n_1 = 0,2 \cdot 7 = 1,4 \text{ м}^2;$$

– для води:

$$F_{\Pi_2} = F_1 \cdot n_2 = 0,2 \cdot 7 = 1,4 \text{ м}^2.$$

5. Число пакетів (ходів) в апараті:

– по стороні ходу суспензії:

$$X_1 = \frac{F_a}{F_{\Pi_1}} = \frac{2,8}{1,4} = 2,$$

– по стороні ходу води:

$$X_2 = \frac{F_a}{F_{\Pi_2}} = \frac{2,8}{1,4} = 2,$$

6. Розрахункова кількість пластин в одному пакеті:

$$n_a = \frac{F_a}{F_1} = \frac{2,8}{0,2} = 14,$$

приймаємо число пластин $n_a = 14$.

7. Схема компоновки пластин в апараті при $n_a = 14$ та $X_1 = X_2 = 2$:

$$C = \frac{7}{7}.$$

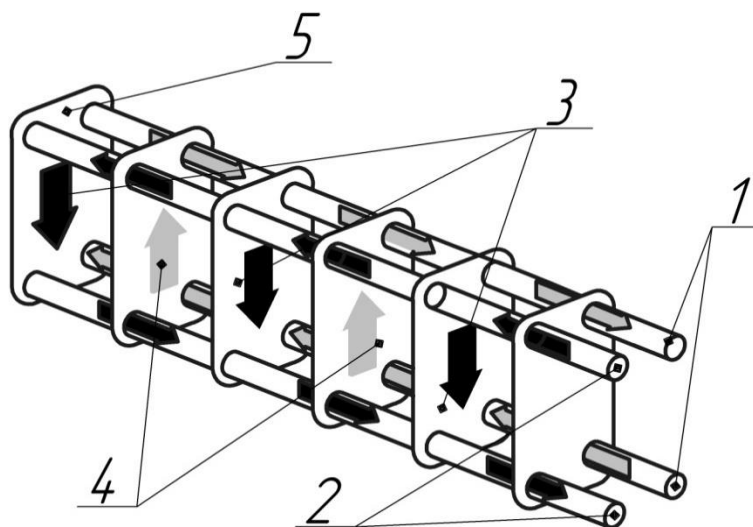


Рисунок 6.2. Схема руху робочих середовищ в апараті.

1 – гарячий теплоносіє; 2 – холодний теплоносіє; 3 – канали для холодного теплоносія; 4 – канали для гарячого теплоносія; 5 кінцева пластина.

8. Фактична площа поперечного перерізу пакетів:

$$f_{\Pi_1} = f_1 \cdot m_1 = 0,005 \cdot 4 = 200 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$f_{\Pi_2} = f_2 \cdot m_2 = 0,0084 \cdot 4 = 336 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

9. Фактична швидкість руху суспензії і води в каналах:

$$W_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot f_{\Pi_1}} = \frac{0,808}{1025 \cdot 0,02} = 0,039 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$W_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot f_{\Pi_2}} = \frac{3,669}{996,7 \cdot 0,0336} = 0,109 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

10. Перевіримо величину обраної поверхні теплообміну при фактичних швидкостях робочих середовищ:

– критерій Рейнольдса:

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot d_e}{\nu_1} = \frac{0,039 \cdot 0,0088}{0,968 \cdot 10^{-6}} = 3\,545;$$

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_e}{\nu_2} = \frac{0,109 \cdot 0,0088}{0,88 \cdot 10^{-6}} = 10\,900;$$

– критерій Нуссельта (при $Pr_{ст1} = 10,7, Pr_{ст2} = 7,9$):

$$\begin{aligned} Nu_1 &= 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Rr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{ст1}} \right)^{0,25} = \\ &= 0,135 \cdot 3545^{0,73} \cdot 6,6^{0,43} \cdot \left(\frac{6,6}{10,7} \right)^{0,25} = 105; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nu_2 &= 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Rr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{ст2}} \right)^{0,25} = \\ &= 0,135 \cdot 10\,900^{0,73} \cdot 6,8^{0,43} \cdot \left(\frac{6,8}{7,9} \right)^{0,25} = 262; \end{aligned}$$

– коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_e} = \frac{105 \cdot 0,57}{88 \cdot 10^{-4}} = 6801 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}};$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{262 \cdot 0,611}{88 \cdot 10^{-4}} = 18191 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}};$$

- коефіцієнт теплопередачі (при $R_{\text{загр}_1} = 1,5 \cdot 10^{-4}$, $R_{\text{загр}_2} = 2 \cdot 10^{-4}$):

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + R_{\text{загр}_1} + R_{\text{загр}_2} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} =$$

$$= \left(\frac{1}{6\,801} + 58 \cdot 10^{-6} + 1,5 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{18\,191} \right)^{-1} = 1961 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}};$$

- площа поверхні теплообміну:

$$F_a = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{107\,464}{1961 \cdot 23,2} = 2,36 \text{ м}^2.$$

Обраний теплообмінник ($F_a = 2,8 \text{ м}^2$), задовольняє необхідні умови.

6.4. Гідромеханічний розрахунок

Розрахунок проведено за методикою представленою в Иоффе И.Л. «Проектирование процессов и аппаратов химической технологии» [8].

- 3 попередніх розрахунків маємо:

$$W_1 = 0,039 \frac{\text{м}}{\text{с}}; W_2 = 0,109 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$Re_1 = 3545; Re_2 = 10\,900.$$

- Коефіцієнти загального гідравлічного опору каналу:

$$\xi_1 = \frac{15}{Re_1^{0,25}} = \frac{15}{3545^{0,25}} = 1,94;$$

$$\xi_2 = \frac{15}{Re_2^{0,25}} = \frac{15}{10\,900^{0,25}} = 1,46.$$

- Перевіримо швидкості руху теплоносіїв в штуцерах:

$$W_{\text{шт}_1} = \frac{4 \cdot V_1}{3600 \cdot \pi \cdot D_y^2} = \frac{4 \cdot 2,9}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2} = 0,16 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$W_{\text{шт}_2} = \frac{4 \cdot V_2}{3600 \cdot \pi \cdot D_y^2} = \frac{4 \cdot 13,25}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

4. Гідрравлічний опір пакетів пластин:

$$\Delta P_1 = \xi_1 \cdot \frac{L_n}{d_e} \cdot \rho_1 \cdot \frac{W_1^2}{2} \cdot \chi_1 = 1,94 \cdot \frac{0,518}{88 \cdot 10^{-4}} \cdot 1025 \cdot \frac{0,039^2}{2} \cdot 2 = 178 \text{ Па};$$

$$\Delta P_2 = \xi_2 \cdot \frac{L_n}{d_e} \cdot \rho_2 \cdot \frac{W_2^2}{2} \cdot \chi_2 = 1,46 \cdot \frac{0,518}{88 \cdot 10^{-4}} \cdot 996,7 \cdot \frac{0,109^2}{2} \cdot 2 = 1017 \text{ Па}.$$

5. Необхідний напір насосу:

$$H_1 = \frac{\Delta P_1}{\rho_1 \cdot g} = \frac{178}{1025 \cdot 9,81} = 0,017 \text{ м};$$

$$H_2 = \frac{\Delta P_2}{\rho_2 \cdot g} = \frac{1017}{996,7 \cdot 9,81} = 0,104 \text{ м}.$$

6. Об'ємна секундна витрата:

$$Q_1 = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{0,808}{1025} = 0,0007 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

$$Q_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{3,669}{996,7} = 0,0036 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

7. Корисна потужність, що затрачується на переміщення теплоносіїв:

$$N_{\Pi_1} = \rho_1 \cdot g \cdot Q_1 \cdot H_1 = 1025 \cdot 9,81 \cdot 0,0007 \cdot 0,017 = 0,12 \text{ кВт};$$

$$N_{\Pi_2} = \rho_2 \cdot g \cdot Q_2 \cdot H_2 = 996,7 \cdot 9,81 \cdot 0,0036 \cdot 0,104 = 3,66 \text{ кВт}.$$

8. Потужність, яку повинен розвивати електродвигун насоса при установленому режимі роботи ($\eta_{H_1} = 0,86$ – к.к.д. насоса $\eta_{\Pi_1} = 0,89$ – к.к.д. передачі від електродвигуна до насоса):

$$N_{\text{дв}_1} = \frac{N_{\Pi_1}}{\eta_{H_1} \cdot \eta_{\Pi_1}} = \frac{0,12}{0,86 \cdot 0,89} = 0,15 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{дв}_2} = \frac{N_{\Pi_2}}{\eta_{H_1} \cdot \eta_{\Pi_1}} = \frac{3,66}{0,86 \cdot 0,89} = 4,78 \text{ кВт}.$$

9. Потужність, яку споживає двигун від мережі при $\eta_{\text{дв}} = 0,7$:

$$N_1 = \frac{N_{\text{дв}_1}}{\eta_{\text{дв}_1}} = \frac{0,15}{0,7} = 0,21 \text{ кВт};$$

$$N_2 = \frac{N_{\text{дв}_2}}{\eta_{\text{дв}_1}} = \frac{4,78}{0,7} = 6,82 \text{ кВт}.$$

10. Враховуючі коефіцієнт запасу потужності $\beta = 1,5$ встановимо двигун потужністю:

$$N_{уст1} = N_1 \cdot \beta = 0,21 \cdot 1,5 = 0,31 \text{ кВт};$$

$$N_{уст2} = N_2 \cdot \beta = 6,82 \cdot 1,5 = 10,23 \text{ кВт}.$$

Встановлюємо центробіжний герметичний електронасос марки ЦГ 25/50 з наступною характеристикою: продуктивність 25 м³/год; напор 50 м; к.к.д. насоса 0,86, номінальної потужності 14 кВт, $\eta_{дв1} = 0,7$, частотою обертання валу $n=3000$ об/хв. [8, таблиця 3.1]. Для центробіжних насосів, запас напору, необхідний для виключення кавітації:

$$h_{з1} = 0,3 \cdot (Q_1 \cdot n^2)^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot (0,0007 \cdot (3000/60)^2)^{\frac{2}{3}} = 0,43 \text{ м}.$$

$$h_{з2} = 0,3 \cdot (Q_2 \cdot n^2)^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot (0,0036 \cdot (3000/60)^2)^{\frac{2}{3}} = 1,29 \text{ м}.$$

6.5. Розрахунок фланцевого з'єднання

Даний розрахунок наведений у «Конструювання і розрахунок сталевих зварних посудин та апаратів. Фланцеві з'єднання» Барвіна О.І.[9].

Для з'єднання труб обираємо плоскі фланці (рисунок 5.3). Такі фланці можуть використовуватись для з'єднання при тиску до 1,6 МПа. Для ущільнення фланцевого з'єднання використовуємо паранітову прокладку

ГОСТ 481-80, яка забезпечує герметичність при тиску $P \leq 2,5 \text{ МПа}$ та температурі до $+250^\circ\text{C}$.

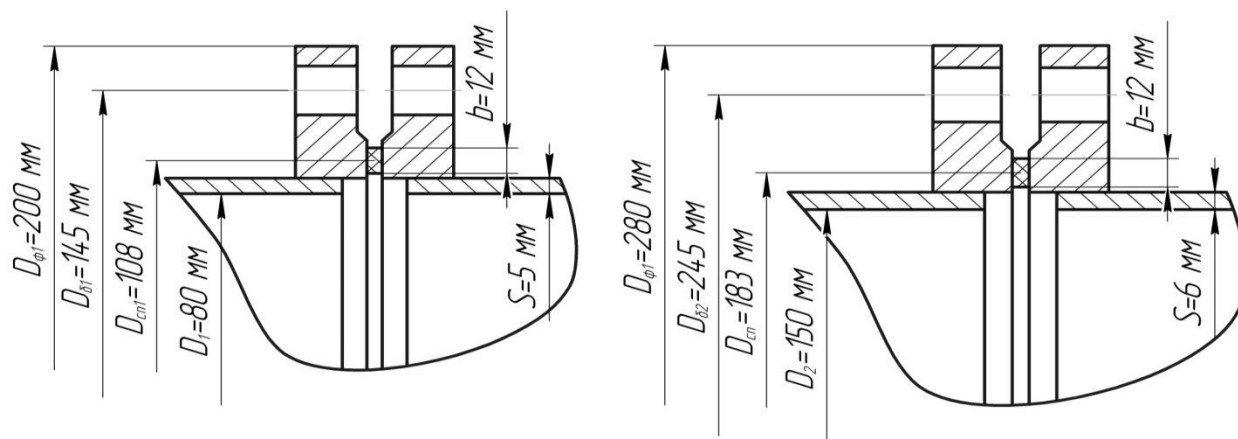


Рисунок 5.3 – Фланцеві з'єднання

Діаметр болтової окружності:

$$D_{\phi_1} \geq D_1 + 2(2s_1 + d_{\phi_1} + u) = 0,08 + 2(2 \cdot 0,005 + 0,018 + 0,002) = 0,14 \text{ м};$$

$$D_{\phi_2} \geq D_2 + 2(2s_2 + d_{\phi_2} + u) = 0,15 + 2(2 \cdot 0,006 + 0,022 + 0,002) = 0,21 \text{ м},$$

де d_{ϕ} - діаметр болтів, приймаємо $d_{\phi_1} = 18 \text{ мм}$, $d_{\phi_2} = 22 \text{ мм}$;

D - внутрішній діаметр теплообмінної труби, $D_1 = 80 \text{ мм}$, $D_2 = 150 \text{ мм}$;

u - нормативний зазор, $u = 2 \text{ мм}$.

Приймаємо $D_{\phi_1} = 160 \text{ мм}$, $D_{\phi_2} = 245 \text{ мм}$ [9].

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_{\phi_1} \geq D_{\phi_1} + a_1 = 0,16 + 0,04 = 0,2 \text{ м};$$

$$D_{\phi_2} \geq D_{\phi_2} + a_2 = 0,245 + 0,035 = 0,28 \text{ м},$$

де a - конструктивний додаток до розміру болтів, $a_1 = 40 \text{ мм}$, $a_2 = 35 \text{ мм}$

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{\text{нп}_1} = D_{\phi_1} + e_1' = 0,16 - 0,04 = 0,12 \text{ м};$$

$$D_{\text{нп}_2} = D_{\phi_2} + e_2' = 0,245 - 0,05 = 0,195 \text{ м},$$

де e' - нормативний параметр, $e_1' = 40 \text{ мм}$, $e_2' = 50 \text{ мм}$.

Середній діаметр прокладки:

$$D_{\text{сп}_1} = D_{\text{нп}_1} - b_{\text{п}} = 0,12 - 0,012 = 0,108 \text{ м};$$

$$D_{\text{сп}_2} = D_{\text{нп}_2} - b_{\text{п}} = 0,195 - 0,012 = 0,183 \text{ м},$$

де $b_{\text{п}}$ - ширина прокладки.

Кількість болтів для забезпечення герметичності:

$$n_1 \geq \frac{\pi \cdot D_{\phi_1}}{t_{\text{ш}}} = \frac{3,14 \cdot 0,16}{3,8 \cdot 0,018} = 7,34;$$

$$n_2 \geq \frac{\pi \cdot D_{\phi_2}}{t_{\text{ш}}} = \frac{3,14 \cdot 0,245}{3,8 \cdot 0,022} = 9,02,$$

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $t_{ш} = (3,0 \dots 3,8)d_6$ – рекомендований крок розміщення болтів.

Приймаємо $n_1 = 8$ шт, $n_2 = 10$ шт.

За ДСТУ ГОСТ 12820:2008 обираємо фланці з наступними характеристиками:

внутрішній діаметр штуцера:	$D_1 = 80$ мм, $D_2 = 150$ мм;
діаметр фланця:	$D_{\phi_1} = 200$ мм, $D_{\phi_2} = 280$ мм;
діаметр болтової окружності:	$D_{6_1} = 160$ мм, $D_{6_2} = 245$ мм;
діаметр отворів під болт:	$d_{6_1} = 19$ мм, $d_{6_2} = 23$ мм;
кількість болтів:	$n_1 = 8$ шт, $n_2 = 10$ шт;
висота фланця:	$h_{\phi_1} = 25$ мм, $h_{\phi_2} = 30$ мм;
маса фланця:	$m_1 = 3,71$ кг, $m_2 = 7,36$ кг.

Висота болта, що не забезпечить згвинчування з гайкою:

$$l_{6_{o_1}} = 2(h_{\phi_1} + h_{\pi}) = 2 \cdot (0,025 + 0,003) = 0,028 \text{ м};$$

$$l_{6_{o_2}} = 2(h_{\phi_2} + h_{\pi}) = 2 \cdot (0,030 + 0,003) = 0,033 \text{ м},$$

де h_{π} – висота прокладки, $h_{\pi} = 3$ мм.

Розрахункова довжина болта:

$$l_{6_1} = l_{6_{o_1}} + 0,28d_{6_1} = 0,028 + 0,28 \cdot 0,018 = 0,03304 \text{ м};$$

$$l_{6_2} = l_{6_{o_2}} + 0,28d_{6_2} = 0,033 + 0,28 \cdot 0,022 = 0,03916 \text{ м}.$$

Приймаємо довжину болта:

$$l_{6_1} = 35 \text{ мм};$$

$$l_{6_2} = 40 \text{ мм}.$$

Розрахунок навантажень, що діють на фланцеве з'єднання.

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$F_{D_1} = \frac{P\pi D_{сп1}^2}{4} = \frac{0,3 \cdot 3,14 \cdot 0,108^2}{4} = 2,7 \text{ кН};$$

$$F_{D_2} = \frac{P\pi D_{сп2}^2}{4} = \frac{0,3 \cdot 3,14 \cdot 0,183^2}{4} = 7,8 \text{ кН},$$

де P – прийнятий внутрішній тиск штуцері, $P = 0,3$ МПа.

Реакція прокладки:

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{п1} = \pi D_1 k_{пр} b_0 P = 3,14 \cdot 0,08 \cdot 2,5 \cdot 0,012 \cdot 0,3 = 2,3 \text{ кН};$$

$$R_{п2} = \pi D_2 k_{пр} b_0 P = 3,14 \cdot 0,15 \cdot 2,5 \cdot 0,012 \cdot 0,3 = 4,2 \text{ кН},$$

де $k_{пр}$ – прокладочний коефіцієнт, для прокладки з параніту, $k_{пр} = 2,5$;

b_0 – ефективна ширина прокладки, $b_0 = b_{п} = 0,012 \text{ м}$.

Піддатливість прокладки:

$$y_{п1} = \frac{k_{п} h_{п}}{E_{п} \pi D_{сп1} b_{п}} = \frac{1 \cdot 0,003}{2000 \cdot 3,14 \cdot 0,108 \cdot 0,012} = 3,68 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{МН}};$$

$$y_{п2} = \frac{k_{п} h_{п}}{E_{п} \pi D_{сп2} b_{п}} = \frac{1 \cdot 0,003}{2000 \cdot 3,14 \cdot 0,183 \cdot 0,012} = 2,17 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{МН}},$$

де $k_{п}$ – коефіцієнт обтискання прокладки, $k_{п} = 1$; $E_{п}$ – модуль Юнга для паронітової прокладки, $E_{п} = 2000 \text{ МПа}$.

Піддатливість болтів:

$$y_{б1} = \frac{l_{б1}}{E_{б} f_{б} n_{б1}} = \frac{0,035}{1,87 \cdot 10^5 \cdot 192 \cdot 10^{-6} \cdot 8} = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{МН}};$$

$$y_{б2} = \frac{l_{б2}}{E_{б} f_{б} n_{б2}} = \frac{0,04}{1,87 \cdot 10^5 \cdot 303 \cdot 10^{-6} \cdot 10} = 7 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{МН}},$$

де $E_{б}$ – модуль Юнга для болтів зі Ст 3сп, $E_{б} = 1,87 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ [ДСТУ 2651:2005];

$f_{б}$ – площа поперечного перерізу болта, приймається по діаметру, $f_{б1} = 192 \text{ мм}^2, f_{б2} = 303 \text{ мм}^2$.

Піддатливість фланців:

$$y_{ф1} = \frac{(1 - \nu_1(1 + 0,9\lambda_{ф1})) \psi_{21}}{h_{ф1}^3 E_{ф}} =$$

$$= \frac{(1 - 0,028 \cdot (1 + 0,9 \cdot 1,25)) \cdot 2,33}{0,025^3 \cdot 2,02 \cdot 10^5} = 0,018 \frac{1}{\text{м} \cdot \text{МН}};$$

$$y_{ф2} = \frac{(1 - \nu_2(1 + 0,9\lambda_{ф2})) \psi_{22}}{h_{ф2}^3 E_{ф}} =$$

$$= \frac{(1 - 0,05 \cdot (1 + 0,9 \cdot 1)) \cdot 3,3}{0,03^3 \cdot 2,02 \cdot 10^5} = 0,016 \frac{1}{\text{м} \cdot \text{МН}}.$$

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де E_{ϕ} - модуль Юнга для фланців із сталі марки 15Х25Т, $E_{\phi} = 2,02 \cdot 10^5$ МПа;

$\psi_1, \psi_2, \nu, \lambda_{\phi}$ - конструктивні коефіцієнти, які визначаються з формул:

$$\psi_{1_1} = 1,281 \cdot \ln \frac{D_{\phi_1}}{D_1} = 1,281 \cdot \ln \frac{200}{80} = 1,17;$$

$$\psi_{1_2} = 1,281 \cdot \ln \frac{D_{\phi_2}}{D_2} = 1,281 \cdot \ln \frac{280}{150} = 0,79;$$

$$\psi_{2_1} = \frac{D_{\phi_1} + D_1}{D_{\phi_1} - D_1} = \frac{200 + 80}{200 - 80} = 2,33;$$

$$\psi_{2_2} = \frac{D_{\phi_2} + D_2}{D_{\phi_2} - D_2} = \frac{280 + 150}{280 - 150} = 3,3;$$

$$\lambda_{\phi_1} = \frac{h_{\phi_1}}{\sqrt{D_1 \cdot S_1}} = \frac{25}{\sqrt{80 \cdot 5}} = 1,25;$$

$$\lambda_{\phi_2} = \frac{h_{\phi_2}}{\sqrt{D_2 \cdot S_2}} = \frac{30}{\sqrt{150 \cdot 6}} = 1;$$

$$\begin{aligned} \nu_1 &= \left[1 + 0,92 \lambda_{\phi_1} \left(1 + \frac{\psi_{1_1} h_{\phi_1}^2}{s_1^2} \right) \right]^{-1} = \\ &= \left[1 + 0,92 \cdot 1,25 \cdot \left(1 + \frac{1,17 \cdot 25^2}{5^2} \right) \right]^{-1} = 0,028; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nu_2 &= \left[1 + 0,92 \lambda_{\phi_2} \left(1 + \frac{\psi_{1_2} h_{\phi_2}^2}{s_2^2} \right) \right]^{-1} = \\ &= \left[1 + 0,92 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{0,79 \cdot 30^2}{6^2} \right) \right]^{-1} = 0,05. \end{aligned}$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\begin{aligned} k_{ж_1} &= \frac{y_{\phi_1} + 0,5 \cdot y_{\phi_1} \cdot (D_{\phi_1} - D_1 - s_1) \cdot (D_{\phi_1} - D_{сп1})}{y_{п1} + y_{\phi_1} + 0,5 \cdot y_{\phi_1} \cdot (D_{\phi_1} - D_{сп1})^2} = \\ &= \frac{1,2 \cdot 10^{-4} + 0,5 \cdot 0,018 \cdot (160 - 80 - 5) \cdot (160 - 108) \cdot 10^{-3}}{3,68 \cdot 10^{-4} + 1,2 \cdot 10^{-4} + 0,5 \cdot 0,018 \cdot (160 - 108)^2 \cdot 10^{-6}} = 0,303; \end{aligned}$$

$$k_{ж_2} = \frac{y_{\phi_2} + 0,5 \cdot y_{\phi_2} \cdot (D_{\phi_2} - D_2 - s_2) \cdot (D_{\phi_2} - D_{сп2})}{y_{п2} + y_{\phi_2} + 0,5 \cdot y_{\phi_2} \cdot (D_{\phi_2} - D_{сп2})^2} =$$

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$= \frac{7 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 0,016 \cdot (245 - 150 - 6) \cdot (245 - 183) \cdot 10^{-3}}{2,17 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 0,016 \cdot (245 - 183)^2 \cdot 10^{-6}} = 0,359.$$

Зусилля від температурних деформацій:

$$F_{t_1} = \frac{y_{\delta_1} \cdot n_{\delta_1} \cdot f_{\delta_1} \cdot E_{\delta} \cdot (\alpha_{\phi} \cdot t_{\phi} - \alpha_{\delta} \cdot t_{\delta})}{y_{\delta_1} + y_{\Pi_1} + 0,5 \cdot y_{\phi_1} \cdot (D_{\delta_1} - D_{\text{сп}_1})} =$$

$$= \frac{1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 192 \cdot 10^{-6} \cdot 1,87 \cdot 10^5 \cdot (17 \cdot 10^{-6} \cdot 19,2 - 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 17)}{1,2 \cdot 10^{-4} + 3,68 \cdot 10^{-4} + 0,5 \cdot 0,018 \cdot (160 - 108) \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 19 \text{ кН};$$

$$F_{t_2} = \frac{y_{\delta_2} \cdot n_{\delta_2} \cdot f_{\delta_2} \cdot E_{\delta} \cdot (\alpha_{\phi} \cdot t_{\phi} - \alpha_{\delta} \cdot t_{\delta})}{y_{\delta_2} + y_{\Pi_2} + 0,5 \cdot y_{\phi_2} \cdot (D_{\delta_2} - D_{\text{сп}_2})} =$$

$$= \frac{7 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 303 \cdot 10^{-6} \cdot 1,87 \cdot 10^5 \cdot (17 \cdot 10^{-6} \cdot 19,2 - 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 17)}{7 \cdot 10^{-5} + 2,17 \cdot 10^{-4} + 0,5 \cdot 0,016 \cdot (245 - 183) \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 22 \text{ кН},$$

де $\alpha_{\phi}, \alpha_{\delta}$ - коефіцієнти температурного розширення відповідно фланців і болтів, $\alpha_{\phi} = 17 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$, $\alpha_{\delta} = 12,5 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$; t_{ϕ}, t_{δ} - температури відповідно фланців і болтів, $t_{\phi} = 0,96t = 0,96 \cdot 20 = 19,2^{\circ}\text{C}$, $t_{\delta} = 0,85t = 0,85 \cdot 20 = 17^{\circ}\text{C}$.

Зусилля в болтах в умовах монтажу:

$$F_{\delta_{11}} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{ж}_1} \cdot F_{\text{Д}_1} + R_{\Pi_1} \\ \pi \cdot D_{\text{сп}_1} \cdot b_0 \cdot q \\ 0,4 \cdot [\sigma]_{\text{В}}^{20} \cdot n_{\delta_1} \cdot f_{\delta_1} \end{array} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 0,303 \cdot 2,7 + 2,3 = 3,12 \text{ кН} \\ 3,14 \cdot 0,108 \cdot 0,012 \cdot 20 = 81 \text{ кН} \\ 0,4 \cdot 140 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 192 \cdot 10^{-6} = 86 \text{ кН} \end{array} \right\} = 86 \text{ кН};$$

$$F_{\delta_{12}} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{ж}_2} \cdot F_{\text{Д}_2} + R_{\Pi_2} \\ \pi \cdot D_{\text{сп}_2} \cdot b_0 \cdot q \\ 0,4 \cdot [\sigma]_{\text{В}}^{20} \cdot n_{\delta_2} \cdot f_{\delta_2} \end{array} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 0,359 \cdot 7,8 + 4,2 = 7 \text{ кН} \\ 3,14 \cdot 0,183 \cdot 0,012 \cdot 20 \cdot 10^3 = 137 \text{ кН} \\ 0,4 \cdot 140 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 303 \cdot 10^{-6} = 169 \text{ кН} \end{array} \right\} = 169 \text{ кН},$$

де q - зусилля герметизації, для паронітової прокладки $q = 20 \text{ МПа}$;

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$[\sigma]_6^{20}$ - граничне напруження в болтах при температурі 20°C ,
 $[\sigma]_6^{20} = 140 \text{ МПа}$.

Зусилля в болтах в робочих умовах:

$$F_{62_1} = F_{61_1} + (1 - k_{ж_1})F_{Д_1} + F_{t_1} = 86 + (1 - 0,303) \cdot 2,7 - 19 = 68 \text{ кН};$$

$$F_{62_2} = F_{61_2} + (1 - k_{ж_2})F_{Д_2} + F_{t_2} = 169 + (1 - 0,359) \cdot 7,8 - 22 = 152 \text{ кН}.$$

Приведений вигинаючий момент:

$$M_{0_1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5(D_{6_1} - D_{сп_1})F_{61_1} \\ \left[0,5(D_{6_1} - D_{сп_1})F_{62_1} + (D_{сп_1} - D_1 - s_1)F_{Д_1} \frac{[\sigma]_{\Phi_1}^{20}}{[\sigma]_{\Phi_1}} \right] \end{array} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5(0,16 - 0,108) \cdot 86 \\ \left[0,5(0,16 - 0,108) \cdot 68 + (0,108 - 0,08 - 0,005) \cdot 2,7 \cdot \frac{160}{151} \right] \end{array} \right\} =$$

$$= \max \{ 2,36 \text{ кНм}, 2,42 \text{ кНм} \} = 2,42 \text{ кНм};$$

$$M_{0_2} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5(D_{6_2} - D_{сп_2})F_{61_2} \\ \left[0,5(D_{6_2} - D_{сп_2})F_{62_2} + (D_{сп_2} - D_2 - s_2)F_{Д_2} \frac{[\sigma]_{\Phi}^{20}}{[\sigma]_{\Phi}} \right] \end{array} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5(0,245 - 0,183) \cdot 169 \\ \left[0,5(0,245 - 0,183) \cdot 68 + (0,183 - 0,15 - 0,006) \cdot 7,8 \cdot \frac{160}{159} \right] \end{array} \right\} =$$

$$= \max \{ 5,24 \text{ кНм}, 21 \text{ кНм} \} = 21 \text{ кНм},$$

де $[\sigma]_{\Phi}^{20}, [\sigma]_{\Phi}$ - граничні напруження для фланців, відповідно для 23°C та 70°C $[\sigma]_{\Phi_1}^{20} = 160 \text{ МПа}$, $[\sigma]_{\Phi_1} = 151 \text{ МПа}$, і для 30°C та 35°C $[\sigma]_{\Phi_2}^{20} = 160 \text{ МПа}$, $[\sigma]_{\Phi_2} = 159 \text{ МПа}$.

Умова міцності болтів при монтажу:

$$\frac{F_{61_1}}{n_{6_1} f_{6_1}} \leq [\sigma]_6^{20} \Rightarrow \frac{0,086}{8 \cdot 192 \cdot 10^{-6}} = 56 \text{ МПа} < 140 \text{ МПа};$$

$$\frac{F_{61_2}}{n_{6_2} f_{6_2}} \leq [\sigma]_6^{20} \Rightarrow \frac{0,169}{10 \cdot 303 \cdot 10^{-6}} = 55,7 \text{ МПа} < 140 \text{ МПа},$$

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умова виконується.

Перевірка міцності болтів в робочих умовах:

$$\frac{F_{62_1}}{n_{6_1} f_{6_1}} \leq [\sigma]_6^{20} \Rightarrow \frac{0,068}{8 \cdot 192 \cdot 10^{-6}} = 44 \text{ МПа} < 140 \text{ МПа};$$

$$\frac{F_{62_2}}{n_{6_2} f_{6_2}} \leq [\sigma]_6^{20} \Rightarrow \frac{0,152}{10 \cdot 303 \cdot 10^{-6}} = 50 \text{ МПа} < 140 \text{ МПа},$$

умова виконується.

Умова міцності прокладки:

$$\frac{F_{6 \max_1}}{\pi D_{\text{сп}_1} b_0} \leq [P]_{\text{пр}} \Rightarrow \frac{0,086}{3,14 \cdot 0,108 \cdot 0,012} = 21 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа},$$

$$\frac{F_{6 \max_2}}{\pi D_{\text{сп}_2} b_0} \leq [P]_{\text{пр}} \Rightarrow \frac{0,169}{3,14 \cdot 0,183 \cdot 0,012} = 24,5 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа},$$

де $[P]_{\text{пр}}$ - допустимий тиск, для паронітової прокладки $[P]_{\text{пр}} = 130 \text{ МПа}$;

$F_{6 \max}$ - найбільше зусилля в болтах $F_{6 \max_1} = \max\{F_{61_1}; F_{62_1}\} = F_{61_1} = 0,086 \text{ МН}$, $F_{6 \max_2} = \max\{F_{61_2}; F_{62_2}\} = F_{61_2} = 0,169 \text{ МН}$.

Умова міцності прокладки виконується.

Радіальне напруження обчислюється за формулою:

$$\sigma_{1_1} = \frac{T_{\phi_1} M_{0_1} v_1}{D_1 s_1^2} = \frac{2,73 \cdot 2,42 \cdot 0,028}{0,08 \cdot 0,005^2} = 92 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{1_2} = \frac{T_{\phi_2} M_{0_2} v_2}{D_2 s_2^2} = \frac{3,1 \cdot 21 \cdot 0,05}{0,15 \cdot 0,006^2} = 602 \text{ МПа},$$

де T_{ϕ} - конструктивний коефіцієнт, визначається по формулі:

$$\begin{aligned} T_{\phi_1} &= \frac{D_{\phi_1}^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{D_{\phi_1}}{D_1}\right) - D_1^2}{(1,05 \cdot D_1^2 + 1,945 \cdot D_{\phi_1}^2) \left(\frac{D_{\phi_1}}{D_1} - 1\right)} = \\ &= \frac{0,2^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{0,2}{0,08}\right) - 0,08^2}{(1,05 \cdot 0,08^2 + 1,945 \cdot 0,2^2) \left(\frac{0,2}{0,08} - 1\right)} = 2,73; \end{aligned}$$

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\phi_2} = \frac{D_{\phi_2}^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{D_{\phi_2}}{D_2}\right) - D_2^2}{(1,05 \cdot D_2^2 + 1,945 \cdot D_{\phi_2}^2) \left(\frac{D_{\phi_2}}{D_2} - 1\right)} =$$

$$= \frac{0,28^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{0,28}{0,15}\right) - 0,15^2}{(1,05 \cdot 0,15^2 + 1,945 \cdot 0,28^2) \left(\frac{0,28}{0,15} - 1\right)} = 3,1.$$

Максимальне напруження кільця обчислюється за формулою:

$$\sigma_{\kappa_1} = \frac{M_{0_1}(1 - \nu_1(1 + 0,9\lambda_{\phi_1}))}{D_1 h_{\phi_1}^2} = \frac{2,42(1 - 0,028 \cdot (1 + 0,9 \cdot 1,25))}{0,08 \cdot 0,025^2} = 45 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\kappa_2} = \frac{M_{0_2}(1 - \nu_2(1 + 0,9\lambda_{\phi_2}))}{D_2 h_{\phi_2}^2} = \frac{21(1 - 0,05 \cdot (1 + 0,9 \cdot 1))}{0,15 \cdot 0,03^2} = 140 \text{ МПа}.$$

Напруження у втулці від внутрішнього тиску обчислюється за формулою:

$$\sigma_{t_1} = \frac{PD_1}{2s_1} = \frac{0,3 \cdot 0,08}{2 \cdot 0,005} = 2,4 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{t_2} = \frac{PD_2}{2s_2} = \frac{0,3 \cdot 0,15}{2 \cdot 0,006} = 3,75 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{m_1} = \frac{PD_1}{4s_1} = \frac{0,3 \cdot 0,08}{4 \cdot 0,005} = 1,2 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{m_2} = \frac{PD_2}{4s_2} = \frac{0,3 \cdot 0,15}{4 \cdot 0,006} = 1,87 \text{ МПа}.$$

Умова міцності обчислюється за формулою:

$$\sqrt{(\sigma_{1_1} + \sigma_{m_1})^2 + \sigma_{t_1}^2 - (\sigma_{1_1} + \sigma_{m_1})\sigma_{t_1}} \leq \varphi[\sigma]_0;$$

$$\sqrt{(92 + 1,2)^2 + 2,4^2 - (92 + 1,2) \cdot 2,4} = 92 \text{ МПа} \leq \varphi[\sigma]_0 = 606 \text{ МПа};$$

$$\sqrt{(\sigma_{1_2} + \sigma_{m_2})^2 + \sigma_{t_2}^2 - (\sigma_{1_2} + \sigma_{m_2})\sigma_{t_2}} \leq \varphi[\sigma]_0;$$

$$\sqrt{(602 + 1,87)^2 + 3,75^2 - (602 + 1,87) \cdot 3,75} = 602 \text{ МПа} \leq \varphi[\sigma]_0$$

$$= 606 \text{ МПа},$$

де $[\sigma]_0$ - граничне напруження в перерізі, обмежено розміром $s_0[\sigma]_0 = 0,003E_\phi = 0,003 \cdot 2,02 \cdot 10^5 = 606 \text{ МПа}$.

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова герметичності фланцевого з'єднання:

$$\Theta_1 = \frac{\sigma_{\kappa_1} D_1}{E_{\phi_1} h_{\phi_1}} = \frac{45 \cdot 0,08}{2,02 \cdot 10^5 \cdot 0,025} = 0,7 \cdot 10^{-3} \leq [\Theta] = 9 \cdot 10^{-3};$$

$$\Theta_2 = \frac{\sigma_{\kappa_2} D_2}{E_{\phi_2} h_{\phi_2}} = \frac{45 \cdot 0,15}{2,02 \cdot 10^5 \cdot 0,03} = 1 \cdot 10^{-3} \leq [\Theta] = 9 \cdot 10^{-3},$$

де $[\Theta]$ - граничний кут повороту фланців, $[\Theta] = 0,009(D < 2000 \text{ мм})$.

Умова герметичності фланцевого з'єднання виконується.

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Охорона праці

Виходячи з технологічного регламенту виробництва «Лимонної кислоти» та врахувавши всі необхідні вимоги з охорони праці, пожежної та екологічної безпеки, проведено необхідні розрахунки та виконана розробка заходів, які забезпечують здорові та безпечні умови праці, пожежної безпеки впродовж усього етапу експлуатації виробничого об'єкта.

У даному розділі наведено заходи і засоби направлені на створення цеху з безпечних умов праці та пожежної безпеки.

7.1. Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів (ШНВФ) на об'єкті. Заходи з охорони праці

7.1.1. Повітря робочої зони

Роботи в цеху відносяться до категорії робіт середньої важкості Пб. У відповідності з ДСН 3.3.6.042 - 99 норми мікроклімату, прийняті проектом, приведені в таблиці 7.1, а коротка санітарна характеристика виробництва тест-системи наведена в таблиці 7.2. Допустима температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), зовнішніх поверхонь технологічного обладнання [17]:

$$t_{\text{доп.}} = t + 2 = 22 + 2 = 24 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

де: t – оптимальна температура повітря робочої зони в теплий період року, $^{\circ}\text{C}$.

Нормальні умови у проектованому цеху здійснюються за рахунок механізації і автоматизації робіт (автоматизація процесів в усіх апаратах, що беруть участь у виробничому процесі; керування здійснюється дистанційно), раціональному розміщенні і теплоізоляції комунікацій, устаткування (теплоізоляція трубопроводів з гарячими теплоносіями ізоляція поверхонь апаратів сушарки, теплообмінника, реактора), ретельного прибирання приміщень. Щоб уникнути захворювань серед персоналу, біля входу в цех установлені повітряно-теплові завіси.

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1. — Санітарні норми параметрів мікроклімату для виробничих приміщень згідно ДСН 3.3.6.042-99

Період року	Категорія робіт	Температура, °С						Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря,м/с	
		Оптимальна	Допустима								
			Верхня межа		Нижня межа						
			На робочому місці								
			Постійний	Непостійний	Постійний	Непостійний	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	
Холодний	Середньої важкості ІІ б	17-19	21	23	15	13	60-40	75	0,2	Не більше 0,4	
Теплий		20-22	27	29	15	15	60-40	70 (при 20 °С)	0,3	0,2-0,5	

За способом організації повітрообміну передбачено: аерацію, механічну загальнообмінну припливну, механічну загальнообмінну витяжну, місцеву припливну, витяжну та аспірацію. Також на виробництві передбачено аварійна вентиляція [18].

Таблиця 7.2 — Коротка санітарна характеристика виробництва

Найменування виробничої ділянки, лабораторії.	Шкідливі речовини, що виділяються; причини їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливого впливу	ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас небезпек шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Засоби допідкріплення	Метод контролю вмісту шкідливих речовин в робочій зоні
1	2	3	4	5	6	7	8
Виробничі приміщення та коридори, що їх з'єднують	Синтетичні миючі засоби. Обробка виробничих приміщень	Подразнюючі. Подразнення слизових оболонок, очей, різні алергічні реакції	5	3	Спецодег, гумові рукавички ГОСТ 20010-93	Ретельне промивання водою, нейтралізація слабким розчином кислоти	Лінійно-калориметричний, газоаналізатор УГ-2
Ділянка запуску виробництва	Глюкоза, при завантаженні	Подразнюючі. Подразнення слизових оболонок, очей, різні алергічні реакції	10	3	Спецодег, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, захисні окуляри ДСТУ EN 166 – 2001, респіратор «Кама-200» ГОСТ Р 12.4.191-99.	Ретельне промивання водою, з милом. Викликати рвоту.	Лінійно-калориметричний, газоаналізатор УГ-2
	Сульфат магнію семиводний, при завантаженні	Загальнотоксичні. Викликають подразнення нервової системи, впливають на кровотворні органи	2	3	Спецодег, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, захисні окуляри ДСТУ EN 166 – 2001, респіратор «Кама-200» ГОСТ Р 12.4.191-99.	Ретельне промивання водою, з милом. Викликати рвоту, дати випити води з Активованим вугіллям.	Лінійно-калориметричний, газоаналізатор УГ-2

БІО106.610.007.000-10 ПЗ

Арк.

49

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
	Сульфат міді, п'ятиводний	Загальнотоксичні. Викликають подразнення нервової системи, впливають на кровотворні органи	1,5	2	Спецодег, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, захисні окуляри ДСТУ EN 166 – 2001, респіратор «Кама-200» ГОСТ Р 12.4.191-99.	Промити шлунок жовтою кров'яною сіллю, та пити 1-3 ст. ложки кожні 15 хв.	Лінійно-калористичний, газоаналізатор УГ-2
	Хлорид амонію, при заважанні	Подразнюючі. Подразнює шкіру слизової оболонки, викликає опіки	10	3	Спецодег, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, захисні окуляри ДСТУ EN 166 – 2001, респіратор «Кама-200» ГОСТ Р 12.4.191-99.	Ретельне промивання водою з милом. Вийти на свіже повітря.	Лінійно-калористичний, газоаналізатор УГ-2
Ділянка виробництва лимонної кислоти	NaOH, при заважанні	Подразнюючі. Подразнює шкіру слизової оболонки, викликає опіки	5	3	Спецодег, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, захисні окуляри ДСТУ EN 166 – 2001, респіратор «Кама-200» ГОСТ Р 12.4.191-99.	Промити звичайною водою, а потім підкисленою водою	Лінійно-калористичний, газоаналізатор УГ-2

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
	Диметилсульфоксид, при завантаженні	Загальнотоксичні. Викликають подразнення нервової системи, впливають на кровотворні органи	20	3	Спецодяг, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, захисні окуляри ДСТУ EN 166 – 2001, респіратор «Кама-200» ГОСТ Р 12.4.191-99.	Змити з милом, та звернутися до лікаря.	Лінійно-калористичний, газоаналізатор УГ-2
	Лимонна кислота, при фасуванні	Подразнюючі. Подразнення слизових оболонок, очей, різні алергічні реакції	1	3	Спецодяг, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, захисні окуляри ДСТУ EN 166 – 2001, респіратор «Кама-200» ГОСТ Р 12.4.191-99.	Ретельне промивання водою, при потрапленні в сернину організму зробити промивання шлунку.	Лінійно-калористичний, газоаналізатор УГ-2

Представлено розрахунок загальнообмінної припливної механічної вентиляції цеху.

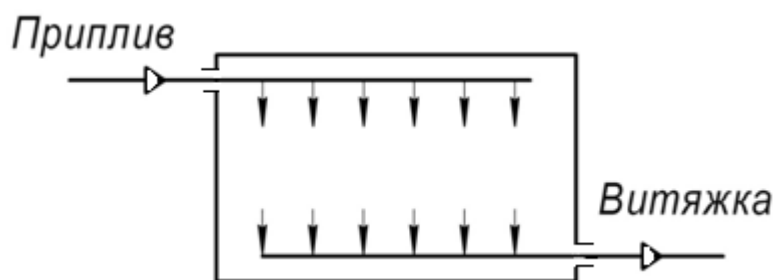


Рисунок 7.1. — Схема штучної вентиляції цеху з схемою повітрообміну «згори до низу»

Визначимо кількість вентиляційного повітря :

$$L = \frac{1000G}{C_y - C_{np}}, \text{ м}^3/\text{год}$$

де G – виділення шкідливих речовин г/год;

C_y - концентрація шкідливих речовин, в видаленому повітря, мг/м³;

C_{np} - концентрація шкідливих речовин в припливному повітрі, мг/м³;

$$L = \frac{600 \cdot 1000}{9 - 0,528} = 70821 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаються площі поперечного перерізу повітропроводів на всіх розрахункових ділянках магістралі і в вітках за формулою:

$$f_p = \frac{L}{3600 \cdot v_p} = \frac{242718}{3600 \cdot 9} = 2,2 \text{ м}^2.$$

де v_p – швидкість повітря $v_p = 12$ м/с.

Вибираємо стандартні розміри круглого повітропроводу з листової сталі $d = 500$ мм.

Потрібний тиск, необхідний для передачі повітря повітропроводами, визначають через розрахунок суми втрат тиску на тертя і місцеві опори в сітці.

Втрати тиску на тертя для кожної ділянки (починаючи з самої віддаленої) і в вітках розраховуються за формулою:

$$P_{mp} = R \cdot L = 0,27 \cdot 48 = 12,96 \text{ Па}.$$

де $R = 0,27 \text{ Па}$ – питомі втрати тиску на 1 м довжини трубопроводів;

$L = 48 \text{ м}$ довжина ділянки або вітки.

Втрати тиску в місцевих опорах розраховують також послідовно для кожної ділянки і в вітках за формулою:

$$z = \sum \xi \frac{v^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g} = 1,2 \cdot \frac{12^2 \cdot 1,2}{2 \cdot 9,8} = 10,5 \text{ Па},$$

де ξ – коефіцієнт місцевих опорів.

Коефіцієнти місцевих опорів в трійнику враховують як зі сторони руху повітря магістралі, так із сторони віток. Втрати тиску у хрестовині дорівнюють сумі коефіцієнтів місцевих опорів двох трійників.

Загальні витрати тиску на кожній розрахунковій ділянці і вітках:

$$H = R \cdot L + z = 0,27 \cdot 48 + 10,5 = 23,46 \text{ Па}.$$

Необхідна потужність електродвигуна вентилятора:

$$N_{\text{двиг}} = \frac{L \cdot H \cdot K}{3600 \cdot 102 \cdot \eta \cdot \eta_n} = \frac{70821 \cdot 23,46 \cdot 1,1}{3600 \cdot 102 \cdot 0,8 \cdot 0,99} = 6,28 \text{ кВт}.$$

У відповідності до умов виробництва (приміщення, де міститься пил) вибираємо закритий обдувний двигун типу АО2 потужністю 7,5 кВт [18].

7.1.2. Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» у цехах виконуються роботи з підрозділу зорових умов IVa. Для цеху, який ми проектуємо вибираємо природне, штучне і суміщене освітлення [19].

Система природного освітлення представлена боковим – денне світло пот-рапляє в приміщення крізь вікна у зовнішніх стінах цеху. Штучне освітлення представлене системою загального локалізованого освітлення. Проектом перед-бачено аварійне, евакуаційне та ремонтне освітлення. У таблиці 7.3. представлені норми освітленості приміщень.

Електричне освітлення у приміщеннях, які опалюються – виробничих, адміністративних і побутових – виконано світильниками з люмінесцентними

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лам пами типу ЛБ і ДРЛ у приміщеннях, які не опалюються – світильниками (пилевологозахисні ПВЛ-1) з люмінесцентними енергозберігаючими лампами, що допускають роботу у цих умовах. У вентиляційних місцевих улаштуваннях встановлюємо люмінесцентними лампами типу ЛБ (300-400 лк), так як вимоги до кольоророзрізнєння відсутні.

Таблиця 7.3. — Санітарні норми освітленості приміщень при штучному освітленні і КПО при природному і суміщеному освітленні

Розряд зорових робіт	Характер зорових робіт	Освітленість при штучному освітленні, ЛК	Значення КЕО, %	
			при природному освітленні	при суміщеному освітленні
			Бокове	
IVa	Середньої точності	750	1,5	1,5

На виробництві передбачено аварійне і евакуаційне освітлення, для якого використовують захищені світильники «Універсаль» типу УМП-300 [20].

Для підвищення рівномірності розподілу яскравості в полі зору, стелі і стіни по-фарбовані в сірий колір, виробниче устаткування – в ясно-зелений колір окрім обладнання, рухомі частини в ясно-жовтий, відкриті механізми - в яскраво-червоний колір.

Для вимірювання і контролю освітленості в приміщеннях застосовують люксметри Ю-16 періодичністю 1 раз на рік і після ремонту освітлювальних установок і заміні ламп.

7.1.3. Виробничий шум та вібрації

На даному виробництві основними джерелами виникнення шуму та вібрації є система вентиляції, насоси, компресори, ферментери, теплообмінники [21]. При роботі насосів та компресорів рівень звукового

тиску 110-120 дБ при звуковій частоті 1000 Гц . Рівні шуму на відстані 5м, які виникають від повітряних компресорів, становлять 56 дБ, а від вентиляторів - 55 дБ. Рівні шуму, які спричинені працюючими назовні кондиціонерами (через жалюзі решітки), мають значення нижче нормованих відповідно до ДСН 3.3.6.037-99.

Найбільш ефективним та технічно доцільним методом зниження вібрації будівельних конструкцій це зниження незрівноважених сил, тобто динамічних навантажень, котрі створюються машинами.

Динамічні навантаження, котрі виникають в машинах, знижуємо наступними шляхами:

- ретельним динамічним балансуванням обертових частин агрегатів;
- центруванням муфтових з'єднань вентилятора або насоса з електродвигуном;
- ліквідацією перекосів та великих зазорів у підшипниках;
- надійним закріпленням рознімних частин обладнання (кришок підшипників, з'єднувальних фланців трубопроводів тощо).

Обладнання, котре створює значні динамічні навантаження, необхідно встановлювати на окремих фундаментах, не пов'язаних з каркасами будівель.

7.1.4. Заходи щодо електробезпеки

Електричне устаткування цеху живиться від трьохфазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової з напругою 380/220 В з глухоза-земленною нейтраллю.

Основними причинами ураження людей електричним струмом є доторкання до відкритих струмоведучих частин, до струмопровідних елементів обладнання, які виявилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження через електричну дугу [22].

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина струму того, що проходить через тіло людини при однофазному дотику визначають за формулою:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 10^3}{(R_{\text{л}} + R_{\text{о}})}, \text{ мА}$$

де: $U_{\text{ф}} = 220$ – фазна напруга, В; $R_{\text{л}} = 2000$ – опір тіла людини, Ом; $R_{\text{о}} = 4$ – опір заземлення нейтралі, Ом.

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,8 \text{ мА}.$$

Напругу дотику визначаємо за формулою:

$$U_{\text{дот.}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} = 0,1098 \cdot 2000 = 220 \text{ В}.$$

Значення струму і напруги значно більше допустимих ($I_{\text{л.дон}} = 6 \text{ мА}$, $U_{\text{дот.дон}} = 36 \text{ В}$). Як бачимо з порівняння допустимих і розрахованих даних, при порушенні правил безпеки в цеху вірогідні електротравми з тяжкими наслідками.

Електроустаткування в даному цеху закритого типу.

Для забезпечення електробезпеки передбачені: занулення, захисне відключення, електроізоляція струмоведучих частин, електричне розділення мереж, захисні пристрої, блокування, застережна сигналізація, попереджувальні знаки.

Статична електрика може виникати в таких технологічних процесах як по-дрібнення, злив, налив, перемішування, розмішування та фільтрування рідин, що електризується, при роботі клинопасових передач. На підприємстві можливі випадки підвищення рівня статичної електрики. Для захисту від статичного струму застосовуємо засоби колективного захисту, такі як: заземлюючі пристрої, нейтралізатори, зволожуючі пристрої, антиелектростатичні речовини, екрануючі пристрої.

У електричних мережах напругою до 1000 В ЗІЗ представлені оперативними і вимірювальними штангами, ізолюючими струмовимірювальними кліщами, показчиками напруг, а також діелектричними рукавичками, гумовими килимками і ізолюючими

підставками. Передбачені захисні засоби (переносні огорожі), захисні пристрої - електрошафи, що закриваються суцільними або сітчастими огорожами. Також в проекті передбачено захист силових мереж від короткого замикання та перевантаження виконаний автоматичними вимикачами або плавкі запобіжники.

7.1.5. Безпека технологічних процесів і обслуговування устаткування

Згідно з класифікацією за ГОСТ 12.0.003-74 у даному виробництві можуть мати місце наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори: фізичні, хімічні та психофізіологічні. Огляд, чищення, змазування та миття обладнання прийнято про-водити тільки при повному відключенні від електромережі. Проектом передбачений спецодяг, який не повинен мати вільних кінців [23].

Для колективного захисту людей від дії електричного струму проектом передбачено занулення та захисне відключення всього обладнання, а також перед-бачена регулярна перевірка ізоляції: візуальна та приладами. При відключенні обладнання після спрацювання захисної автоматики проектом передбачено повторне включення, яке здійснюватиметься електриком.

Для усунення небезпеки, яка виникає при підвищеній температурі поверхонь обладнання проектом передбачено захисну теплоізоляцію, для поверхонь обладнання з температурою, яка вища за допустиму, для поверхонь обладнання, таких, як корпуса апаратів, рубашки, трубопроводи. Трубопровідна арматура прокладається відповідно до СНиП ІП-Г.9-62. Усі трубопроводи оснащені запірною, регулюючою та запобіжною арматурою, а також, у разі необхідності, теплоізоляцією.

Конструкції насосів відповідають основним вимогам процесу та надійні в процесі роботи. При перекачуванні рідини у них передбачається система охолодження деталей.

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для боротьби з гідроударом застосовуємо наступні заходи: у місцях можливої появи гідроудару (біля засувки) встановлюємо повітряно-гідролінійні ковпаки — гасильники удару; шляхом зменшення швидкості закриття крана, прямий гідроудар перетворюємо у непрямий; на трубопроводі встановлюємо перепускні або зворотні клапани. Заходи боротьби з кавітацією в першу чергу зводяться до створення сприятливих умов надходження рідини в насос, що не до-пускають її скипання, до усунення нещільності у всмоктуючому трубопроводі і до забезпечення залишкового напора на всмоктуючому патрубку насоса.

7.2. Пожежна безпека

В цеху є ряд пожежонебезпечних ділянок та причин загоряння. До них відносять-ся складські приміщення на яких зберігається пакувальний матеріал (картон, пластик), горючі леткі хімічні реактиви, лабораторні приміщення де використовуються горючі та вибухонебезпечні речовини [23]. Причиною виникнення пожежі може бути коротке замикання в електрообладнанні чи проводки, іскри електричного та механічного походження, розряди атмосферної електрики (прямі удари блискавки в будівлю, занесення високих потенціалів блискавки у приміщенні через під'єднання до будівлі дротів та інших провідників.

Пожежна безпека виробничих приміщень забезпечується наступними проектними та інженерно-технічними рішеннями, що направлені на попередження виникнення пожежі та вибуху і забезпечення вибухопожежної та пожежної безпеки:

- передбачені плани швидкої евакуації людей та цінностей на випадок пожежі;
- довжина евакуаційних шляхів (48 м) та ширина дверей (0,7 м) відповідають ДБН В.1.1-7-2002;

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- надійна герметизація рухомих та нерухомих з'єднань технологічного обладнання, своєчасне змащування підшипників машин та механізмів;
- теплоізоляція нагрітих поверхонь обладнання, таких, як корпуси апаратів, рубашки, трубопроводи ;
- систематичний контроль натягу привідних пасів, стрічок конвеєрів з метою виключення їх пробуксовки;
- застосування систем контролю, попереджувальної та аварійної сигналізації.

Результати визначення категорій технологічних блоків, приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою, класифікація вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон щодо застосування електрообладнання дають привід вважати їх належними категорії В. У таблиці 7.4 наведено показники пожежної та вибухової небезпечності речовин та матеріалів.

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.4 — Показники пожежо- і вибухонебезпечності та влаштування речовин та матеріалів. Класифікація виробництва пожежо- і вибухонебезпечності та влаштування блискавки-захисту

Назва ділянок, приміщень, зовнішніх установок	Речовини, що мають об'єкт у виробн. ГОСТ	Агрегатний стан речовини при н. у.	Горючість займистість	Показники пожежо- і вибухонебезпечності			Границі заpalювання		Вибухонебезпечність суміші		Вогнегасні засоби	Категорія приміщень ОНП 24-86	Клас приміщень і зовнішніх установок ПУЕ	Категорія об'єкту і тип зони захисту пристрою блискавки захисту згідно СН 305-77
				Температура спалаху	Температура заpalення	Температура самозаpalення	% об'ємних	мг/м³	категорія	група				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Цех	Матеріали													
	Пластик, ГОСТ 27712-88	тв.	-	-	260	395	-	50	-	-	Вогнегасник порошковий, пісок	В	1	П-І
	Гума, ГОСТ 7338-90	тв.	-	-	220	-	-	-	-	-	Вогнегасник порошковий та вуглекислотний			
	Оргскло, ГОСТ 10667-90	тв.	-	-	260	-	-	-	-	-	Вогнегасник порошковий			

8. Рекомендації з монтажу та експлуатації

Монтаж повинен виконуватися кваліфікованими спеціалістами, організаціями, які мають відповідні ліцензії на право проведення подібних робіт у відповідності до вимог діючих нормативних документів.

При монтажі теплообмінника пластинчатого необхідно правильно проводити стропування (рисунок 8.1).

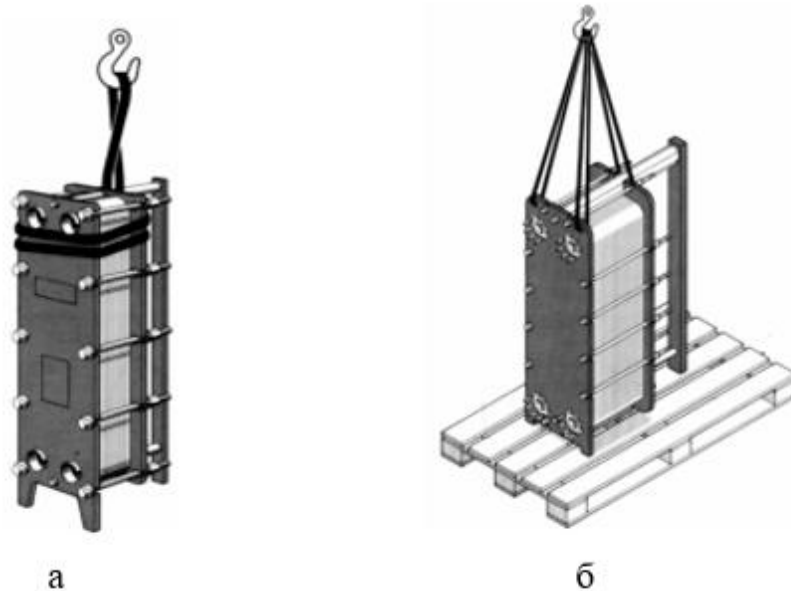


Рисунок 8.1. Схеми стропування теплообмінника:

а – без транспортувальних отворів; б – з транспортувальними отворами.

Для стропування теплообмінника слід використовувати стропи синтетичні, в жодному разі не сталеві. Не можна використовувати кріпильні вироби чи патрубки для переміщення, для цього використовують спеціальні отвори або раму теплообмінника (рисунок 8.2).

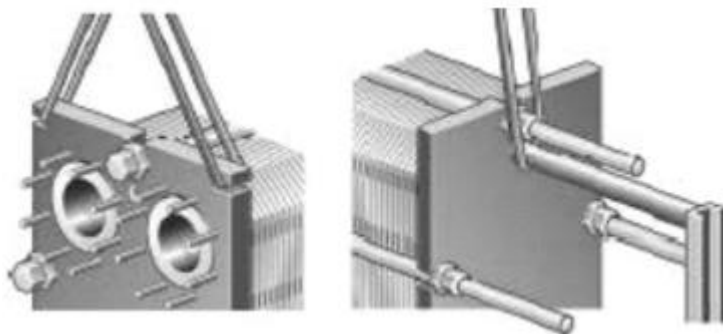


Рисунок 8.2. Приклад закріплення стоп.

Апарат повинен бути встановлений таким чином, щоб мати легку можливість виконувати обслуговування і технічний огляд.

Для закріплення теплообмінника пластинчатого не вимагається спеціальної конструкції, як, наприклад, для кожухотрубного теплообмінника. Достатньо встановити його на жорстко закріплену раму на підлозі (рисунок 8.3).

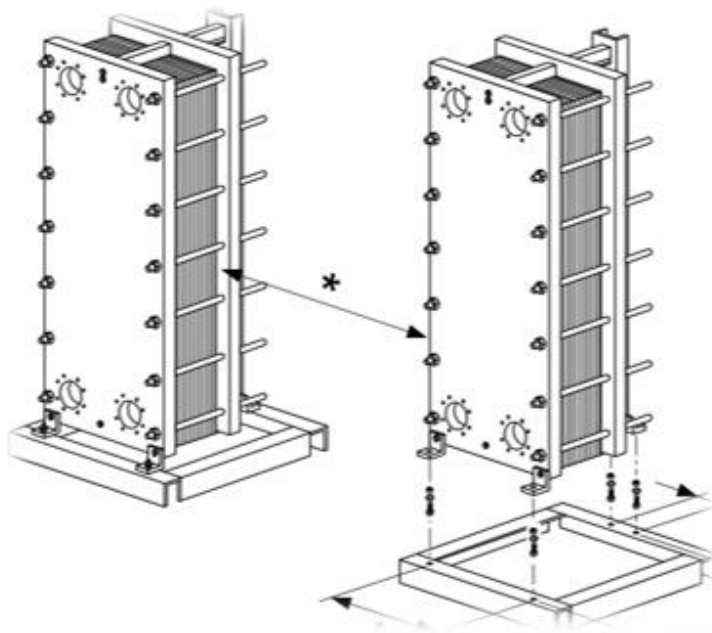


Рисунок 8.3. Приклад закріплення апарата на монтажній площадці.

Також на пластинчатий теплообмінник можна встановлювати захисний екран (рисунок 8.4), для попередження розбризкування рідини у випадку протікання апарату.



Рисунок 8.4. Встановлення захисного екрану.

При роботі теплообмінника необхідно завжди слідкувати за температурним режимом, гідравлічним опором. Зростання гідравлічного опору та/або зменшення температури свідчить про появу забруднень. Також при експлуатації теплообмінника зовнішні поверхні можуть мати високу температуру, тому необхідно встановлювати огорожу, для запобігання травмування людей [29].

Міри безпеки при ремонтних роботах з теплообмінником пластинчатим [30]:

- Якщо в теплообміннику знаходяться токсичні або небезпечні речовини, необхідно встановлювати захисний екран, знімати його не можна доти доки апарат знаходиться під тиском.
- Вивід обладнання з експлуатації повинен проводитись поступово.
- Охолодити апарат до початку ремонтних робіт. Забезпечити рівномірне зниження температур (поступово знижувати температуру теплоносіїв).
- При роботі з пластинами використовувати рукавички, щоб запобігти травмуванню рук – краї пластин гострі.

Висновки

Дипломний проект має на меті інтегрувати теоретичні знання з практичними навичками проектування та розрахунку обладнання для фармацевтичної, мікробіологічної та харчової промисловості.

Проект зосереджується на лінії виробництва лимонної кислоти, підкреслюючи важливість використання методу глибокого культивування в цьому контексті.

Для покращення процедур технічного обслуговування я пропоную замінити традиційну конструкцію пластинчастого теплообмінника на розбірну. Така заміна має ряд переваг, включаючи можливість конфігурації різноманітних схем теплообмінників, швидкий монтаж з використанням стандартних елементів на місці, потенційне розширення поверхні теплообміну шляхом додавання додаткових пластин і полегшення очищення поверхні теплообміну.

Для підтвердження ефективності та надійності конструкції установки були проведені комплексні теплові, гідравлічні, конструктивні та міцнісні розрахунки.

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Вязлов Р.Й. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості / Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новіков. – Львів: «Інтелект-Захід», 2008. –736 с.
2. Смирнов В.А. Пищевые кислоты (лимонная, молочная, винная). – М.: легкая и пищевая промышленность, 1983. –264 с.
3. ДСТУ ГОСТ 908:2006. Кислота лимонна моногідрат харчова. Технічні умови (ГОСТ 908-2004. IDT).– 20с.
4. Кейс В.М. Компактные теплообменники / В.М. Кейс, А.Л. Лондон. –М.: Госэнергоиздат, 1962. – 223 с.
5. Иванов О.П. Пластинчатые теплообменные аппараты для холодильных машин / О.П. Иванов, В.А. Дюндин, В.О. Мамченко. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1985. – 41с.
6. Барановский Н.В. Пластинчатые и спиральные теплообменники / Н.В. Барановский, Л.М. Коваленко, А.Р. Ястребенецкий. – М.: Машиностроение, 1973. – 288 с.
7. Мамченко В.О., Малышев А.А. Пластинчатые теплообменники в низкотемпературной технике и биотехнологических процессах: Учебное пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. 116 с.
8. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. - Л.: Химия, 1991. - 352 с.
9. Барвін О.І. Конструювання і розрахунок сталевих зварних посудин та апаратів. Фланцеві з'єднання / О.І. Барвін, І.М. Генкіна, В.В. Іванченко, Г.В. Тараненко, Ю.М. Штонда – Луганськ: Східноукраїнський університет імені Володимира Даля, 2007. – 306 с.
10. Фланцевые соединения: конструкции, размеры, расчёт на прочность: методические указания / сост. : В.Б. Коптева, А.А. Коптев. – Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. –24 с.

					Б10106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Лацинский А.А. Конструирования сварных химических аппаратов. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
12. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т. 2 – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. –1017 с.
13. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. – 10-е издание. 1973 – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. –753 с.
14. Пластинчатые теплообменные аппараты. Справочник-каталог для систем теплоснабжения/ Под ред. Н.М.Зингера.- Харьков, 1995.- 60с.
15. Бухмиров В.В. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата / В.В. Бухмиров , Д.В. Ракутина, Ю.С. Солнышкова, М.В. Пророкова– Иваново, 2013. – 124 с.
16. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы.
17. Эльтерман В. М. Вентиляция химических производств. – М.: Химия, 1980. – 288 с.
18. Внутренние санитарно–технические устройства / Под ред. И. Г. Старовойтова: Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стройиздат, 1978. – 509 с.
19. Пикман И. Я. Электрическое освещение взрывоопасных и пожароопасных зон.– М.: Энергоатомиздат, 1985. – 104с.
20. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю Б. Айзенберга. – М.:Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.
21. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е. Я. Юдин, Л. А .Борисов, И. В. Горенштейн. Под общ. ред. Е. Я. Юдина – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.
22. Пелевин Б. В. Предупреждение пожаров от электроустановок на промышленных предприятиях– М.: Стройиздат, 1982. – 80 с.

					Б10106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Вентиляция и кондиционирование воздуха (внутренние санитарно-технические устройства)/ Под ред. И. Г. Старовойтова: Ч. 2.. - М.: Стройиздат, 1978.-509 с.

24. Рябов И. В. Пожарная безопасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности— М.: Химия,1970. — 336 с.

25. ДСН 3.3.6.042–99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – 12 с.

26. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – 21 с.

27. ДСН 3.3.6.039–99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – 4 с.

28. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – 50 с.

29. Руководство по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию теплообменников XGC производства компании Данфосс. – 38 с.

30. Разборный пластинчатый теплообменник. Установка и обслуживание. ЗАО «Ридан».— 16 с.

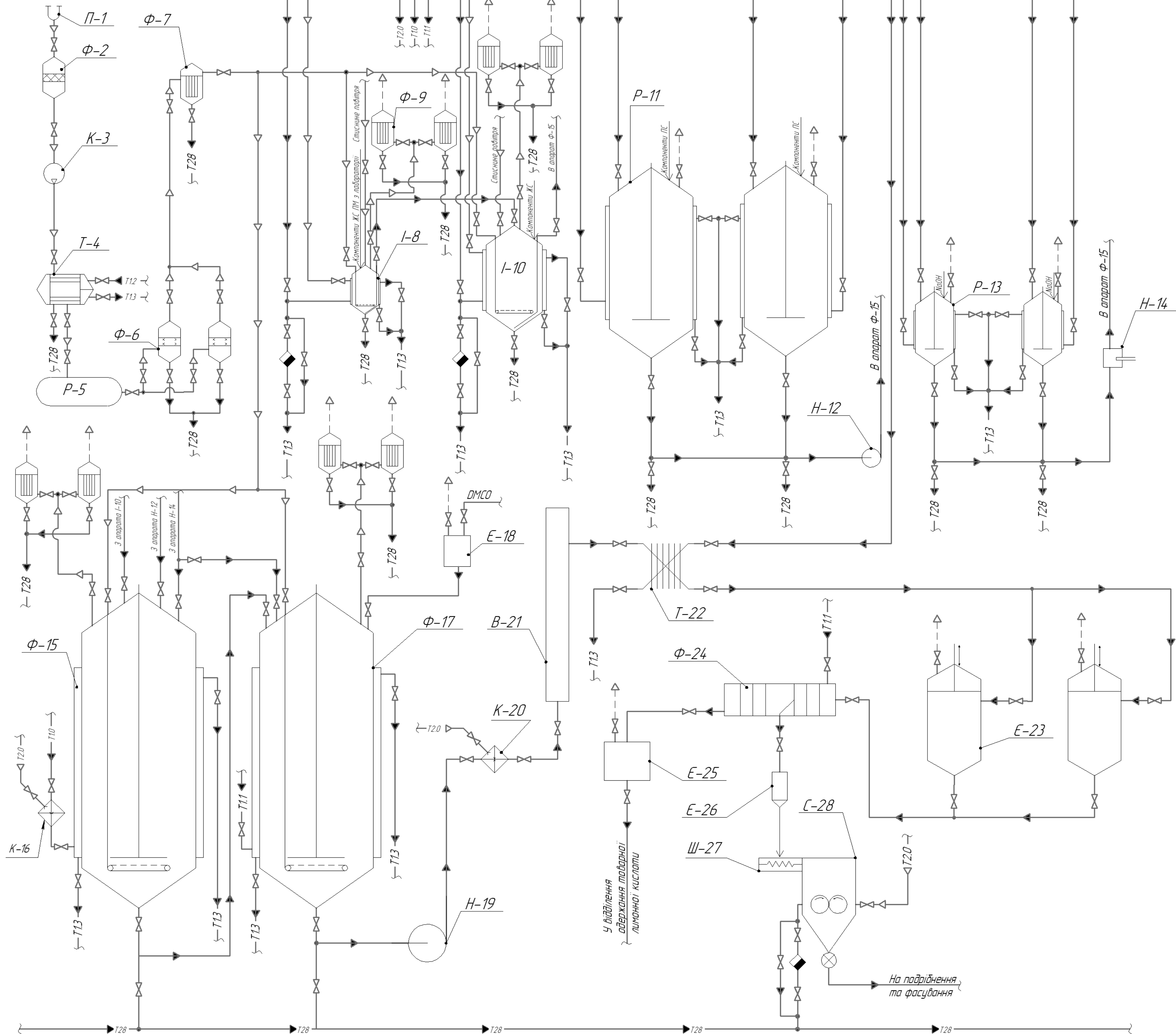
					<i>Б10106.610.007.000-10 ПЗ</i>	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця трубопроводів

Умовні позначення		Найменування середовища в трубопроводі
Літерне	Графічне	
T10		Вода очищена
T11		Вода тепла
T12		Вода холодна
T13		Вода оборотна
T20		Пара
T28		Води стічні

Таблиця апаратів

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітка
П-1	Подітрозабірник	1	
Ф-2	Фільтр вісциновий	1	
К-3	Турбокомпресор	1	
Т-4	Теплообмінник кожухотрубний	1	
Р-5	Ресивер	1	
Ф-6	Фільтр головний	2	
Ф-7	Фільтр тонкої очистки	1	
І-8	Інкулятор I ступеня	1	
Ф-9	Фільтр індивідуальний	8	
І-10	Інкулятор II ступеня	1	
Р-11	Реактор-змішувач	2	
Н-12	Насос відцентровий	1	
Р-13	Реактор-змішувач	1	
Н-14	Насос плунжерний	1	
Ф-15	Ферментер I ступеня	1	
К-16	Колана нагрівання	1	
Ф-17	Ферментер II ступеня	1	
Е-18	Буферна ємність-мірник для диметилсульфоксиду	1	
Н-19	Насос відцентровий	1	
К-20	Колана нагрівання	1	
В-21	Витримувач	1	
Т-22	Теплообмінник пластинчатий	1	
Е-23	Ємність буферна для культуральної рідини	2	
Ф-24	Фільтр-прес автоматичний	1	
Е-25	Ємність буферна для фільтрату	1	
Е-26	Ємність буферна для осаду	1	
Ш-27	Шнек	1	
С-28	Сушарка дводальцева	1	

Додаток Б

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Патентна документація

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № БІ0106.610.007.000-10

Найменування теми Теплообмінник пластинчатий Шифр теми БІ0106.610.007.000-10

Етап Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень № БІ0106.610.007.000-10, 23.13.2024 р.

Обґрунтування регламентного пошуку Предмет пошуку – Теплообмінники пластинчаті (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

Початок пошуку 23.03.2024 р. Закінчення пошуку 30.03.2024 р.

Таблиця 1. Регламент пошуку (форма Б.1 згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК,НПК,МКПЗ, МКТП,УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Пластинчатий теплообмінник	Визначення патентоздатності апарата, що проектується, та тенденцій розвитку цього напрямку в техніці	Україна, Російська Федерація, СРСР	МПК6 і МПК7- B21D53/04; F28 УДК 621.565.95; 620.193.27	1994-2014	Описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту, Роспатенту, , підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології

ДОВІДКА ПРО ПОШУК № БІ0106.610.007.000-10

Завдання на проведення патентних досліджень № БІ0106.610.007.000-10ДП

Етап Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень № БІ0106.610.007.000-10, 23.03.2024 р.

Номер, дата регламенту пошуку № БІ0106.610.007.000-10, 23.03.2024 р

Початок пошуку 23.03.2024 р. Закінчення пошуку 30.03.2022 р.

Таблиця 2. Джерела інформації, використані під час проведення пошуку (форма В.1 згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково- технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Пластинчатий теплообмінник	Україна, Російська Федерація, США.	МПК6С 12 М 3/00, С 12 М 3/02, С 12 М 9/00; МПК 7 С 12 М 9/00; С12N 13/18, С12M 3/00.	Науково-технічна бібліотека НТУУ „КПІ”, Науково- технічна бібліотека України	Описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту, Роспатенту, та баз даних патентних установ США	Підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології

Таблиця 3. Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Пластинчатий теплообмінник	Патент №9612, F28F 3/00.Пластинчатий теплообмінник/ Гуров О.І. (UA), Коваленко Л.М. (UA), Мітін В.М. (UA), Борзін С.Ф. (UA); Приватна науково-виробнича фірма «Анкор-теплоенерго» (UA). Заявка №u200500496, 19.01.2005; Опубл. 17.10.2005, бюл. № 10.	Діє
Пластинчатый теплообменник и способы изготовления пластинчатого теплообменника	Патент №2100733, F28D9/00, B21D53/04.Пластинчатый теплообменник и способы изготовления пластинчатого теплообменника /Худяков А.И. (RU), Марков Ю.С. (RU), Гальперин И.И. (RU);Худяков А.И., Марков Ю.С., Гальперин И.И.. Заявка № 96106157, 29.03.1996; Опубл. 27.12.1997, бюл. № 6.	Діє
Теплообмінник пластинчатий	Патент №10106, F28D9/00.Теплообмінник пластинчатий/ Атамась О.В. (UA); Атамась О.В. (UA). Заявка №u20041210667, 24.12.2004; Опубл. 15.11.2005, бюл. № 11.	Діє

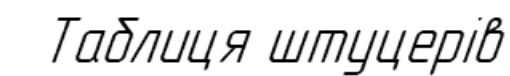
Продовження таблиці 3

1	2	3
Пластинчатый теплообменник	Патент №2170400, F28D9/00.Пластинчатый теплообменник / Деркач Г.Г.(RU),Белов Е.А. (RU), Туманов Л.А. (RU),Бедов Ю.А. (RU),Григоркин Н.М.(RU);Открытое акционерное общество «НПО Энергомашим. акад. В.П. Глушко» (RU). Заявка №99113973, 28.06.1999; Оpubл. 10.07.2001, бюл. № 5.	Діє
Волого-і/або теплообмінний пристрій, наприклад пластинчатий теплообмінник	Патент №93497, F28F 13/18, B01J 20/18.Волого-і/або теплообмінний пристрій, наприклад пластинчатий теплообмінник / Зауер Ю.(DE), Вестердорф Т. (DE), Клінгенбург Х. (DE);Клінгенбург ГМБХ (DE), Наноскейп АГ (DE). Заявка №a200709601, 11.01.2006; Оpubл. 25.02.2011, бюл. № 4.	Діє
Пластинчатый теплообменник	Патент №2188375, F28F3/02.Пластинчатый теплообменник / Данилин Б.К.(RU), Прохоров В.А. (RU); Данилин Б.К.(RU),Прохоров В.А. (RU). Заявка №2000133368, 28.12.2000; Оpubл. 27.08.2002, бюл. № 3.	Діє

1	2	3
Пластинчатый теплообменник	Патент №2351865, F28F3/00.Пластинчатый теплообменник / Тимофеев В.Н.(RU),Головко В.Ф. (RU),Дмитриева И.В.(RU);Федеральное государственное унитарное предприятие «Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения им. И.И. Африкантова» (RU). Заявка №2007113293, 09.04.2007; Оpubл. 10.04.2009, бюл. № 5.	Діє
Пластинчатый теплообменник	Патент №2076295, F28F3/00, F28D 9/00.Пластинчатый теплообменник / Хорст Д.(DE);Балке-Дюрр АГ(DE). Заявка № 92016225, 18.12.1992; Оpubл. 27.03.1997, бюл. № 12.	Діє
Пакет пластинчатого теплообмінника	Патент №96186, F28F3/02, F27D 17/00. Пластинчатый теплообмінник / Сафонова О.К. (UA), Попов А.Л. (UA), Безбородов Д.Л. (UA), Боєв Ю.О. (UA), Єрмоленко Г.М. (UA), Сулімовський К.Г. (UA). Заявка № u2014 06162, 04.06.2014; Оpubл. 26.01.2015, бюл. № 2.	Діє

Додаток В

					БІО106.610.007.000-10 ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Позначення	Найменування	Кіл.	Прохід умовний, мм	Тиск умовний, МПа
Г	Вхід культуральної рідини	1	80	1,6
Д	Вихід культуральної рідини	1	80	1,6
Е	Вхід охолоджувальної води	1	150	1,6
Ж	Вихід охолоджувальної води	1	150	1,6

Технічна характеристика

Апарат призначений для охолодження культуральної рідини.

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Поверхня теплообміну m^2 : | 2,8 |
| 2. Робочий тиск, МПа: | 0,3 |
| 3. Середовище в апараті: | |
| вода охолоджувальна; | |
| культуральна рідина. | |
| 4. Середовище в апараті карозійне. | |
| 5. Температура середовища, $^{\circ}C$: | |
| вода охолоджувальна: | |
| на вході | 23, |
| на виході | 30, |
| культуральна рідина: | |
| на вході | 70, |
| на виході | 35, |
| 6. Тип пластин: | 0,2. |
| 7. Площа пластини m^2 : | 0,2. |
| 8. Кількість пластин, шт.: | 14. |
| 9. Матеріал пластини | Сталь 15X25T ГОСТ 5582-75. |
| 10. Габаритні розміри, мм: | |
| висота | 1530, |
| ширина | 690, |
| довжина | 1785 |
| 11. Маса апарата, кг: | 440. |

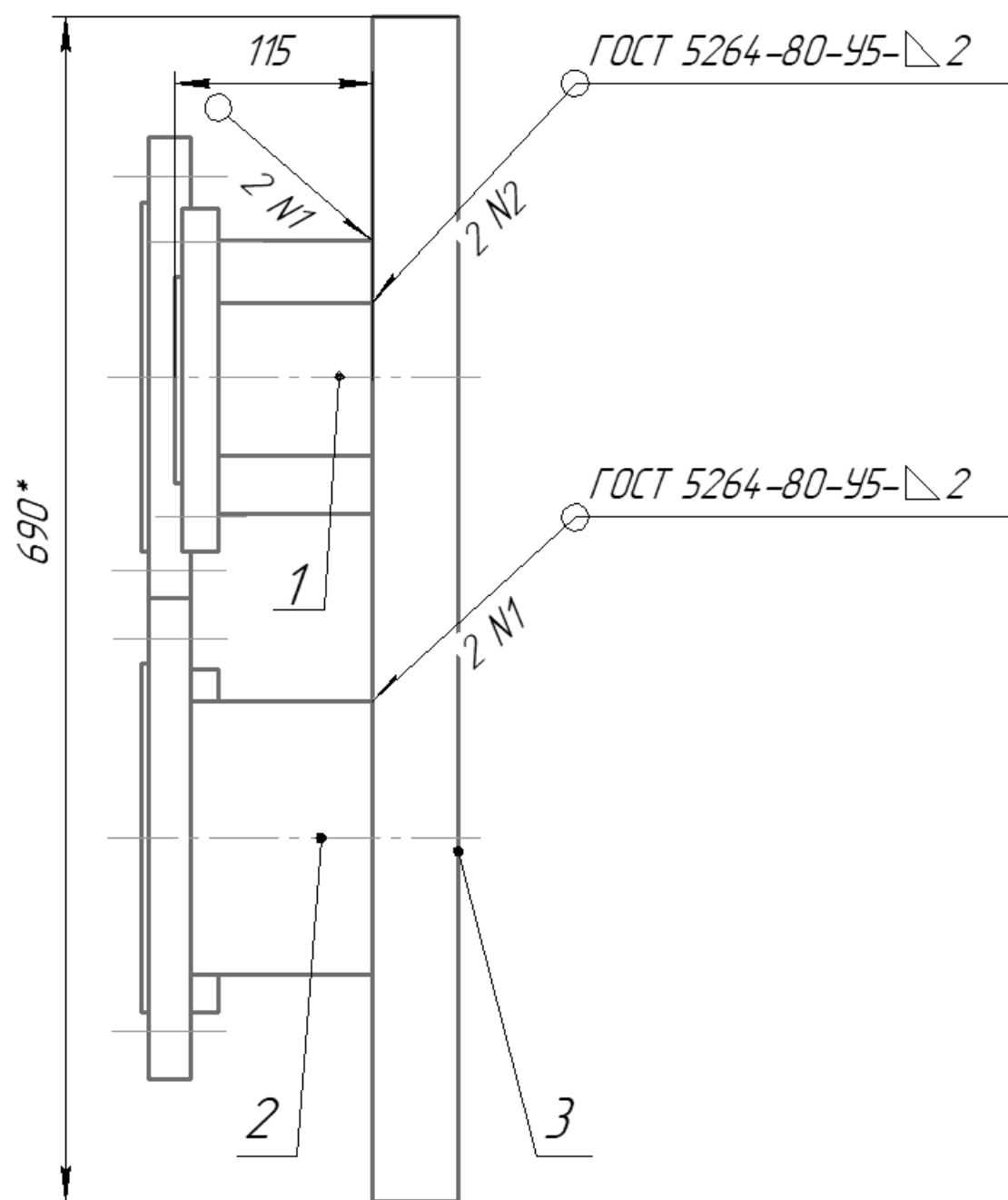
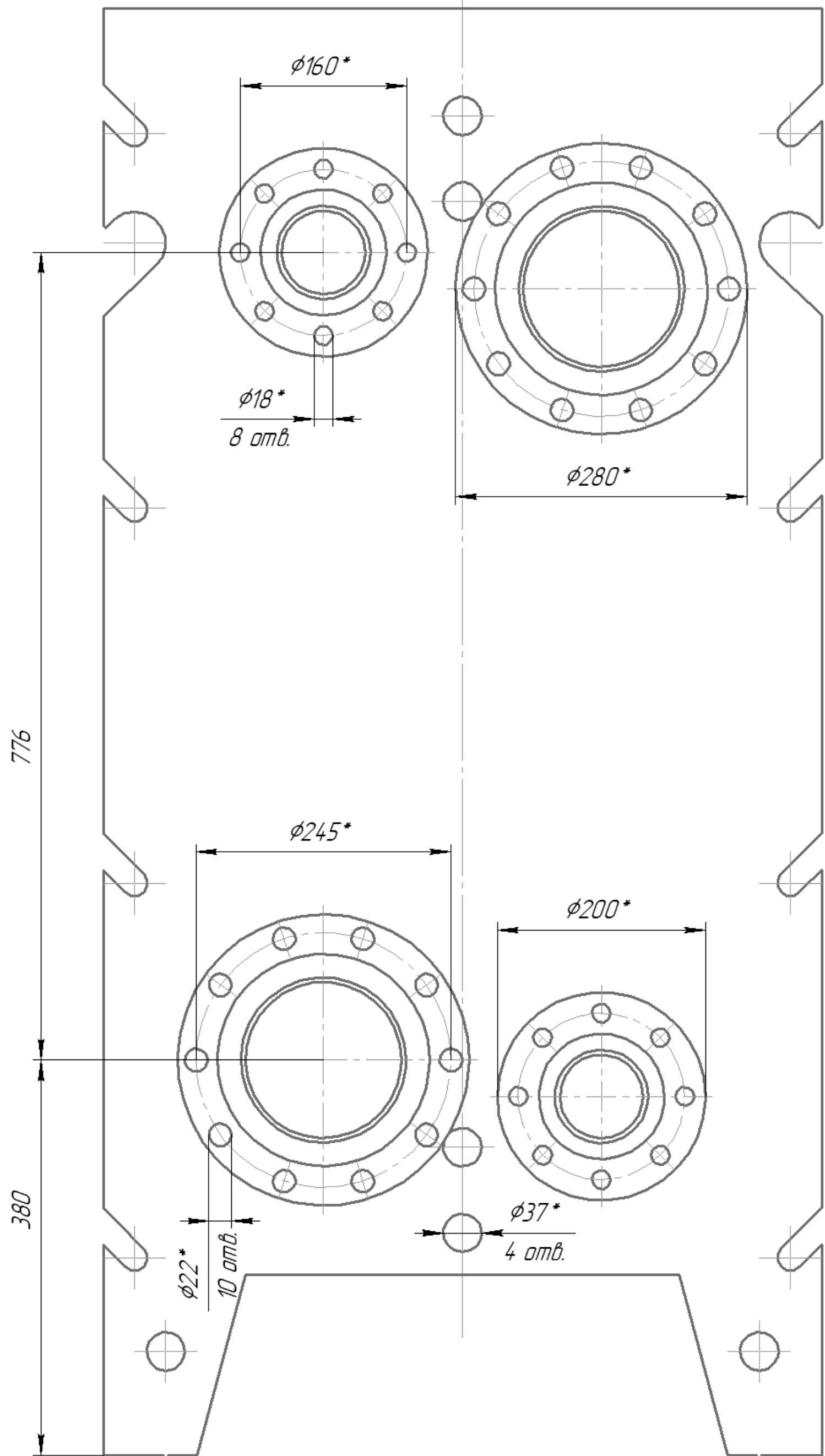
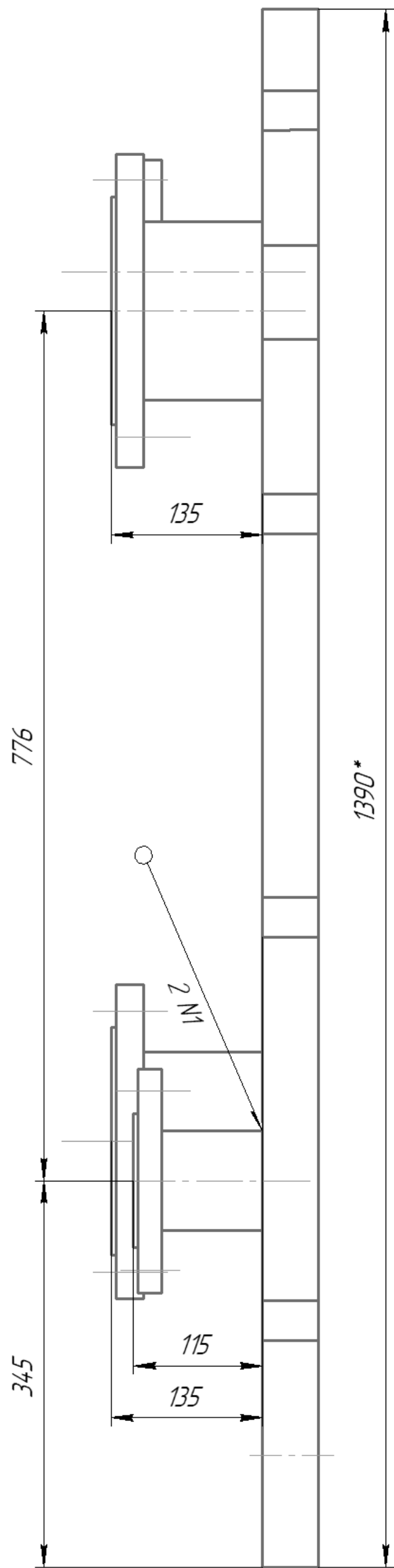
Технічні вимоги

1. Апарат випробувати на міцність та щільність випробним тиском 0,45 МПа ГОСТ 356–80 "Давления условные пробные и рабочие".
2. Зварні з'єднання повинні відповідати вимогам норми ГОСТ 26.260.3–2001 "Сварка в химическом машиностроении. Основные положения".
3. Зварні шви в об'ємі 100% контролювати рентгенівським промінням.
4. Нейказати граничні відхилення розмірів $\pm T_{14}/2$.

Розміри для довідок, крім позначених*

					БЮ106.6 10.007.100-10СБ			
					Теплообмінник пластинчатий Складальне креслення			
					Лист	Маса	Масштаб	
						440	1:4	
					Лист	Листів	?	
					"КПІ", ФБТ, БІ-01			
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Прякобай І.А.							
Лексверд	Мельник В.М.							
Технікр								
Н.контр								
Удверд	Мельник В.М.							

Формат		Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
					Документація			
А1				БІО106.6 10.007.100-10СБ	Теплообмінник пластинчатий			
					Складальне креслення	1		
					Складальні одиниці			
А2				1	БІО106.6 10.007.110-10	Плита нерухома	1	
А2				2	БІО106.6 10.007.120-10	Плита прижимна	1	
БК				3	БІО106.6 10.007.130-10	Стійка	1	
					Деталі			
БК				4		Штанга верхня	1	
БК				5		Штанга нижня	1	
					Стандартні вироби			
				6		Болт М36-8gx140.		
						ДСТУ ГОСТ 24671:2008	8	
				7		Гайка АМ24х2-6Н.1		
						ГОСТ 9064-75	16	
				8		Пластина ТУ 26-01-880-83	14	
				9		Прокладка ліва 10		
						ГОСТ 15152-69	7	
				10		Прокладка права 10		
						ГОСТ 15152-69	7	
				11		Шайба 24.1 ГОСТ 9065-75	16	
				БІО106.6 10.007.100-10				
Зм. Арк.				№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.				Пряніков І. А.				
Перев.				Мельник В. М.				
Н. контр.								
Затв.				Мельник В.М.				
Теплообмінник пластинчатий						Літ.	Аркцш	Аркцшів
							1	2
						"КПІ", ФБТ,БІ-01		

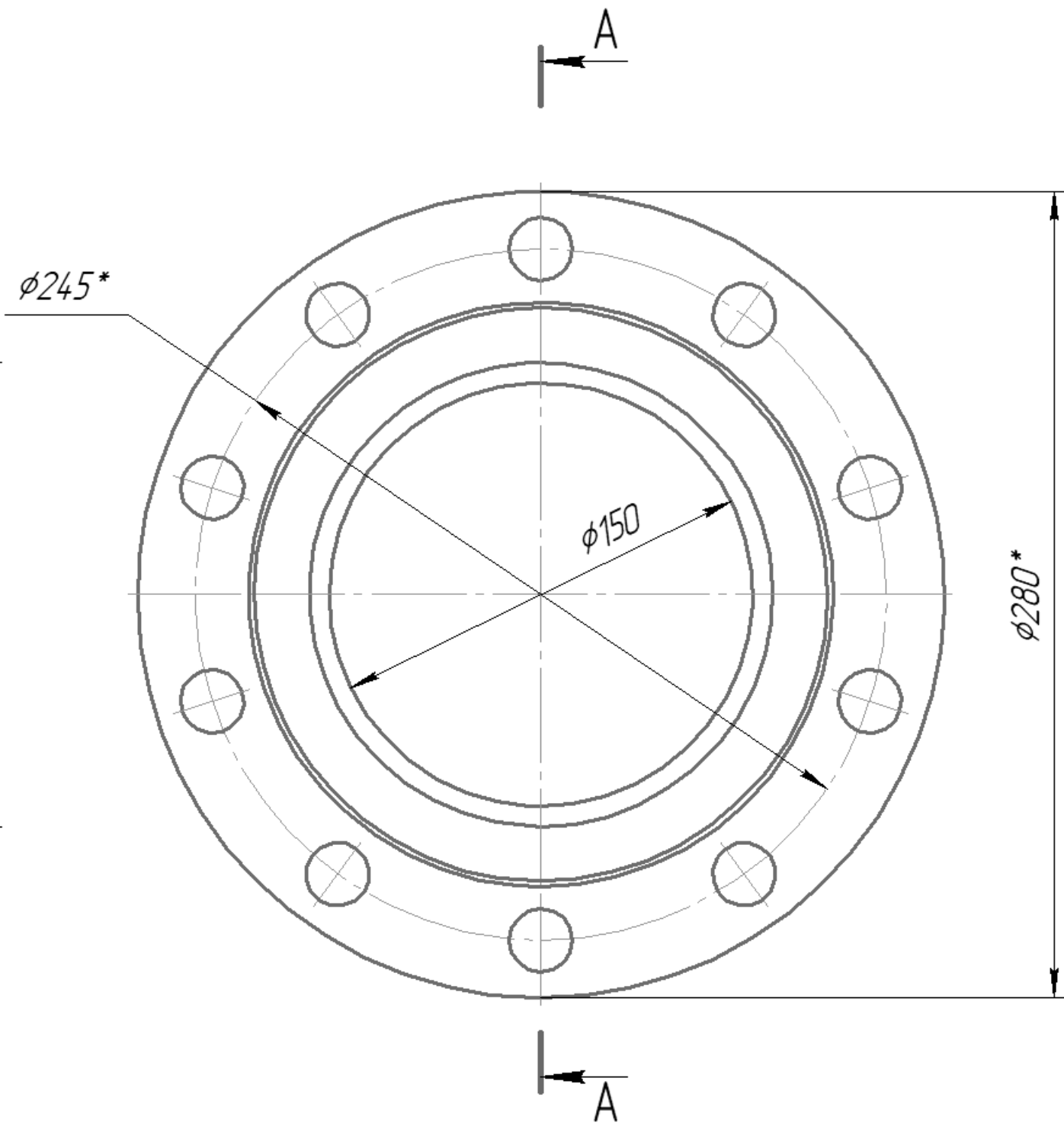
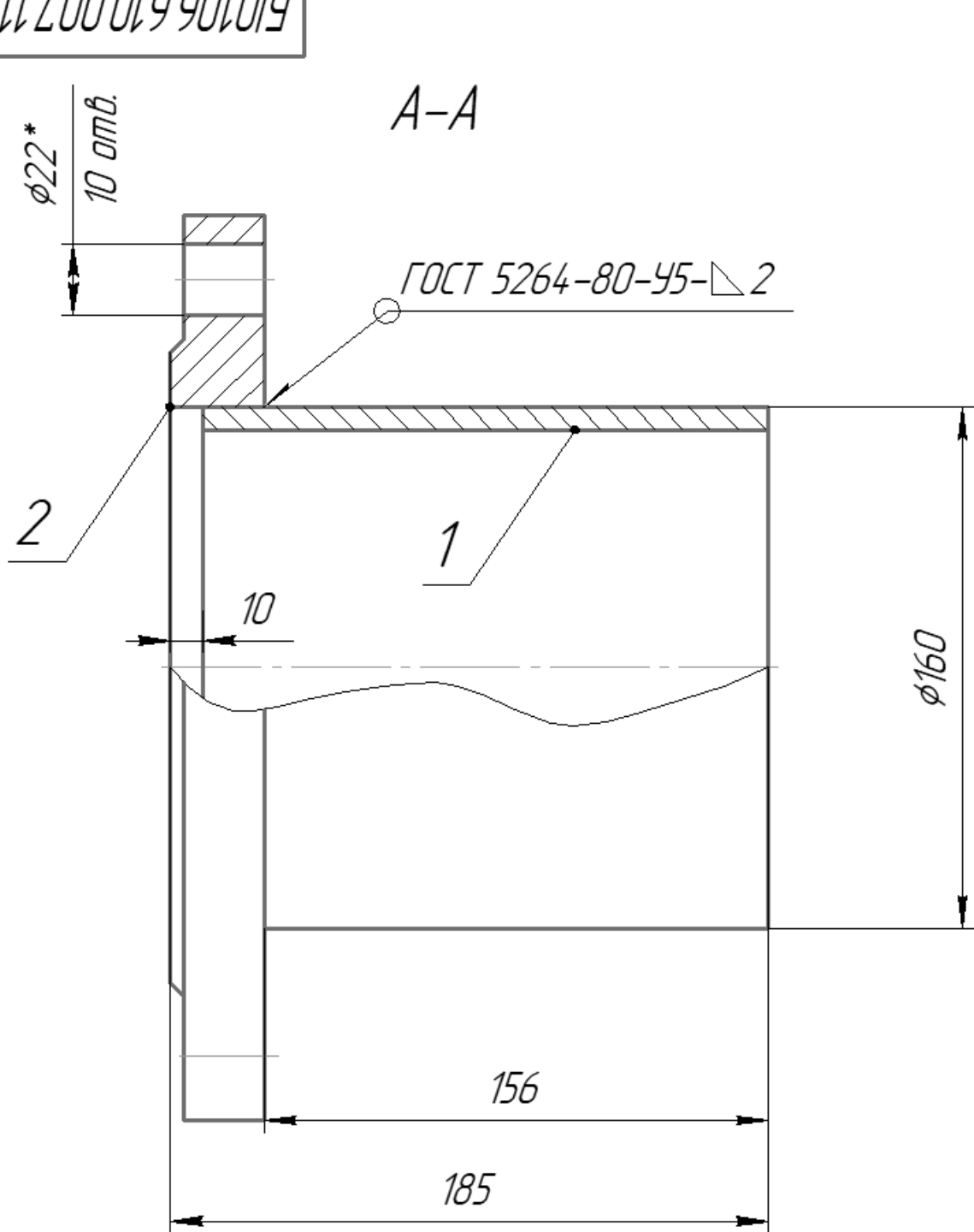


1. Невказані радіуси скруглень 2,5 мм; 1 мм.
2. Невказані граничні відхилення лінійних розмірів Н/14; н/14; ±ІТ14/2.
3. Зварні з'єднання повинні відповідати вимогам ГОСТ 5264-80
4. Зварні шви в об'ємі 100% контролювати рентгенопросвічуванням
*Розміри для довідок

БІО106.610.007.110 – 10СБ					Плита нерухома Складальне креслення		
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.		
Розробив	Пряніков І. А.				Маса		
Перевірив	Мельник В.М.				166		
І.контр					Листів		
Н.контр					14		
Затв.	Мельник В.М.				"КПІ", ФБТ, БІ-01		

Формат А3

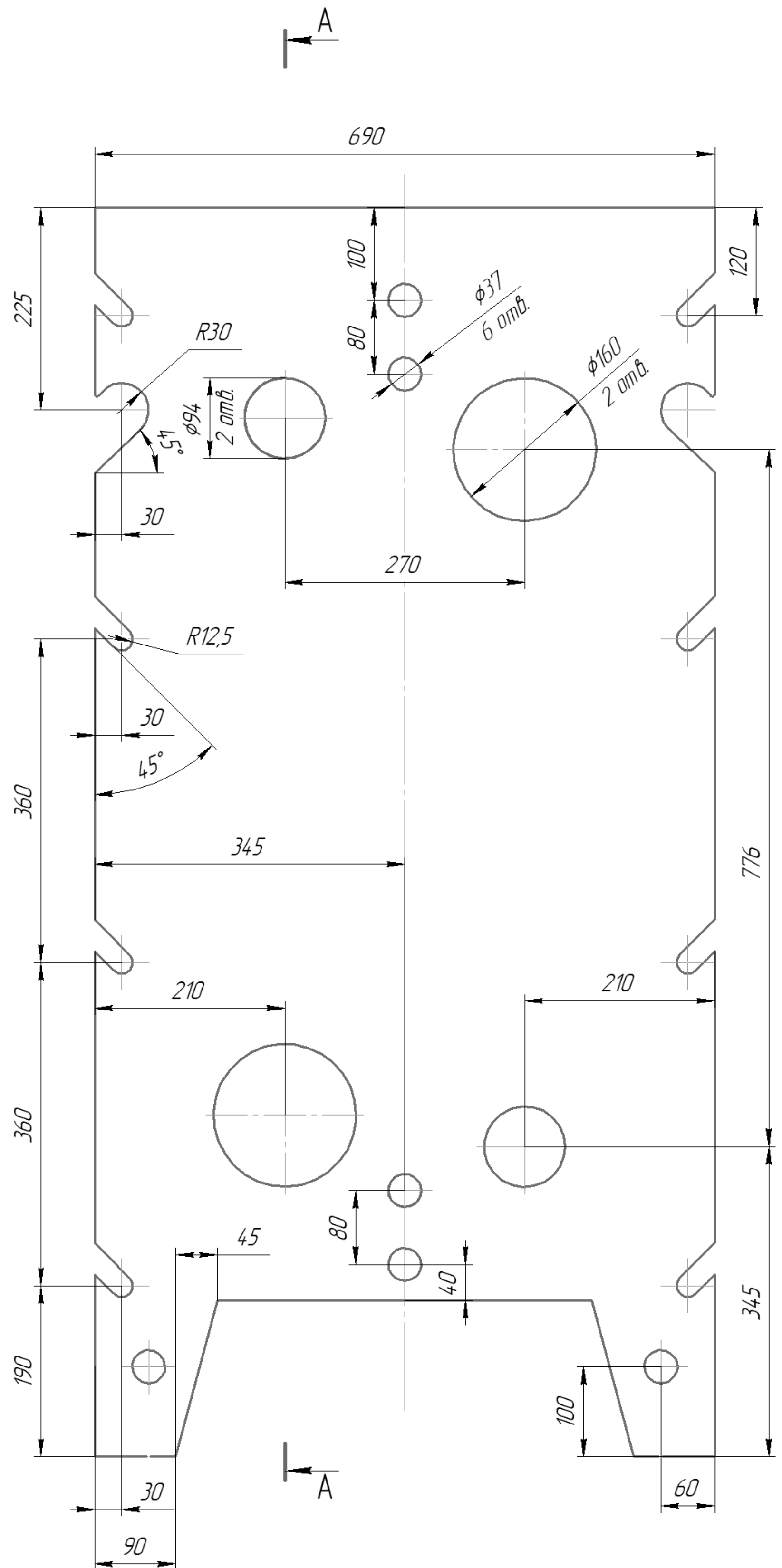
БІО106.610.007.113-10 СБ



- Невказані граничні відхилення лінійних розмірів $H/14$; $h/14$; $\pm IT14/2$.
 - Зварні з'єднання повинні відповідати вимогам ГОСТ 5264-80
 - Зварні шви в об'ємі 100% контролювати рентгенопросвічуванням
- *Розміри для довідок

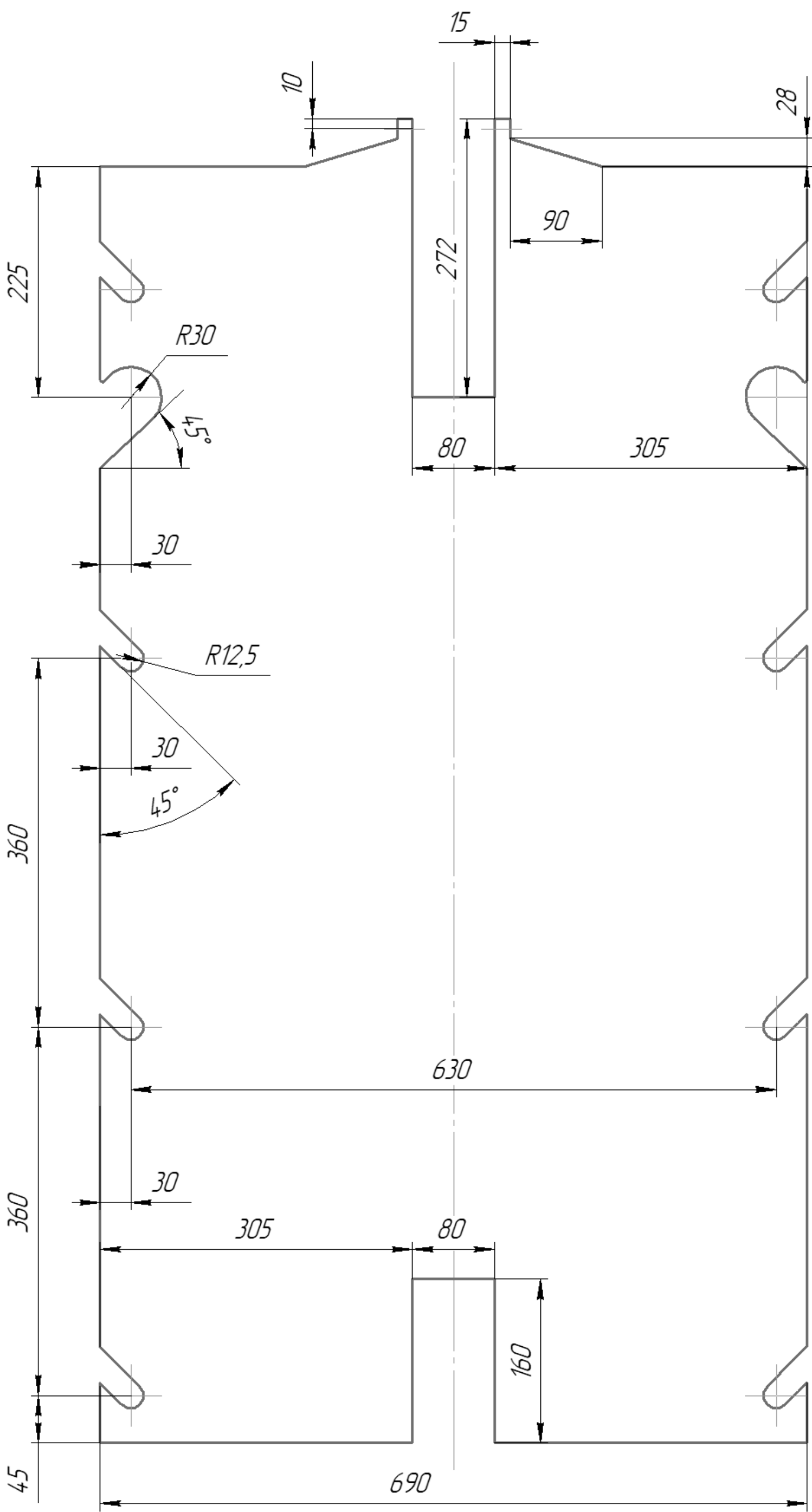
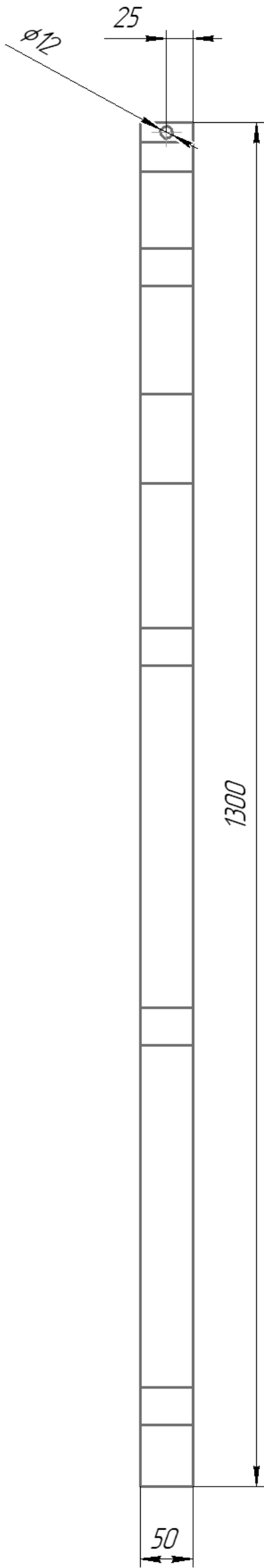
					БІО106.610.007.113–10 СБ						
					Штуцер Складальне креслення			Літ.	Маса	Масштаб	
										5,1	1:2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				Арк.	Аркушів	1	
Розраб.		Пряніков І. А.						"КПІ", ФБТ, БІ-01			
Перев.		Мельник В. М.									
Т.контр.											
Знач.від.											
Н.контр.											
Затв.		Мельник В. М.									

Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розраб.	Пряніков І. А.		
Перев.	Мельник В. М.		
Т.контр.			
З.нач.від.			
Н.контр.			
Затв.	Мельник В. М.		



- | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------|--------|------|--|-----------------------------|--|---------|---------|--|--|
| | | | | | <i>БЮ106.610.007.111-10</i> | | | | | |
| | | | | | Плита | Лит. | Маса | Моцматд | | |
| Зм. Арк. | N° докум. | Підпис | Дата | | | | | | | |
| Розроб. | Пряніков І. А. | | | | | | 150 | 1-4 | | |
| Перев. | Мельник В. М. | | | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Арк. | Аркушів | 1 | | |
| Знач. від. | | | | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | | | | | | |
| Замб. | Мельник В. М. | | | | | Плита ГПР 55х700х1400 ГОСТ 1150-72
Ст 3 ГОСТ 380-94 "КПІ", ФБТ, БІ-01 | | | | |

Інв. № ар.	Підп. і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	Лавікавий №	Первинне застосування



- Невказані граничні відхилення лінійних розмірів $H/14$; $h/14$; $\pm IT14/2$.
- Поверхня повинна відповідати вимогам ГОСТ 9.402-80 "Підготовка металічних поверхонь перед фарбуванням".
- Механічні характеристики металу відповідають вимогам ГОСТ 25.503-97 "Методи механічних випробувань металів".

БІО106.610.007.120-10				Лит.			Маса	Масштаб
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Плита прижимна			175	1:4
Розроб.	Пряніков І. А.							
Перев.	Мельник В. М.			Плита			Арк.	Аркуші
Т.контр.								1
Знач. від.				Плита			"КП", ФБТ, БІ-01	
Н.контр.								
Затв.	Мельник В. М.			Плита			Формат А2	
				ГПР 55×700×1320 ГОСТ 1150-72				
				Ст 3 ГОСТ 380-94				

6,3 (✓) (✓)

БІО106.610.007.120-10

