

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

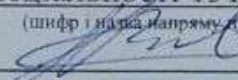
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

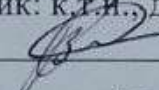
КОМПЛЕКСНА МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

«Покращення техніко-економічних характеристик кожухотрубного теплообмінника. Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу, та ефективність теплообміну»
08-26.МКР.003.00.000.ПЗ

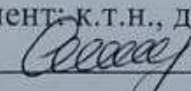
Виконав: студент 2-го курсу, групи ПМ-21м
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)


Василишен В.В.
(прізвище та ініціали)
12.12.2022

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

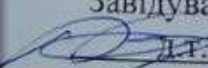

Савуляк В.В.
(прізвище та ініціали)
«14» 12 2022 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ


Смирнов С.В.
(прізвище та ініціали)
«19» 12 2022 р.

Допущено до захисту


Завідувач кафедри ТАМ


д.т.н., проф. Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)

«19» 12 2022 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Машинобудування та транспорту
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13-Механічна інженерія
Спеціальність – 131 – Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., проф. Козлов Л.Г.


10 жовтня 2022 року

З А В Д А Н Н Я НА КОМПЛЕКСНУ МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Василишен Вадим Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Покращення техніко-економічних характеристик кожухотрубного теплообмінника. Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу, та ефективність теплообміну»

керівник роботи к.т.н., доц. кафедри ТАМ Савуляк В.В.

затверджені наказом вищого навчального закладу від 15.09.2022 року №_205-А_

2. Строк подання студентом роботи 19 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: площа теплообміну $F = 32 \text{ м}^2$; діаметр корпусу теплообмінника, 610 мм; сумарна довжина труб, $L = 24 \text{ м}$; еквівалентний діаметр труб, $d_e = 0,021 \text{ м}$; об'ємний розхід води, $G = 0,0139 \text{ м}^3 / \text{с}$; масовий розхід пари, $D_p = 1,57 \text{ кг/с}$.

4. Зміст текстової частини: теплообмінна апаратура ректифікаційних установок, огляд можливих конструкцій теплообмінників; розрахунок кожухотрубних теплообмінників, перевірка на міцність розрахованого теплообмінника, створення водяних коробок кожухотрубного теплообмінника, вплив з'єднання корпус-патрубок на ефективність теплообміну, вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, економічна частина.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація із заявленими основними розрахунками та результатами роботи, плакати з презентації, креслення

теплообмінника.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	К.т.н., доц. Савуляк В.В.	5.08.22	5.12.22
Економічна частина	К.т.н., проф. Лесько О.Й.	11.10.22	11.10.22
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	13.10.22	13.10.22

7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів комплексної магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прізвище
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	12.10.2022	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	14.10.2022	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	19.10.2022	
4	Моделювання процесу теплообміну	21.11.2022	
5	Формування висновків по роботі	28.11.2022	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	01.12.2022	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	05.12.2022	
8	Перевірка роботи на плагіат	12.12.2022	
9	Попередній захист МКР	14.12.2022	
10	Нормоконтроль МКР	16.12.2022	
11	Рецензування МКР	19.12.2022	
12	Захист МКР	21.12.2022	

Студент

Керівник роботи


(підпис)

В.В. Василюшен


(підпис)

В.В. Савуляк

АНОТАЦІЯ

Василишен В. В. Покращення техніко-економічних характеристик кожухотрубного теплообмінника. Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу, та ефективність теплообміну: магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / В. В. Василишен. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2022. 128 ст.

На укр. мові. Бібліогр.: 25 назв.; рис.: 71; табл. 17.

Метою роботи є покращення техніко-економічних характеристик кожухотрубного теплообмінника шляхом дослідження впливу з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу, та ефективність теплообміну.

Для досягнення поставленої мети проведено аналіз існуючих типів теплообмінників та форм з'єднання корпусу і патрубків; розроблено тривимірну модель теплообмінника; розроблено модель навантаження на елементи теплообмінника; досліджено вплив різних форм патрубків на ефективність теплообміну та міцність корпусу; розроблено рекомендації по вибору з'єднання; розроблено конструкторську та технологічну документацію для виготовлення водяних коробок та сідлових опор.

В науковій частині роботи досліджено вплив форми патрубків на температуру пару на виході з теплообмінника. Знайдено величину внутрішніх навантажень та деформацію під час робочих умов теплообмінника.

В економічній частині роботи розраховані витрати на проведення науково-дослідної роботи.

В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина ілюстративно доповнює матеріали, які представлені в пояснювальній записці.

ABSTRACT

Vasylyshen V. V. Improvement of the technical and economic characteristics of the shell-and-tube heat exchanger. The influence of the body-pipe connection on the strength of the body and the efficiency of heat exchange: master's qualification thesis for obtaining the educational and qualification level "Master" in specialty 131 "Applied mechanics" / V. V. Vasylyshen. – Vinnytsia National Technical University. – Vinnytsia, 2022. 128 st.

In Ukrainian speech Bibliography: 25 titles; Fig.: 71; table 17.

The purpose of the work is to improve the technical and economic characteristics of the shell-and-tube heat exchanger by studying the influence of the shell-pipe connection on the strength of the shell and the efficiency of heat exchange.

To achieve the goal, an analysis of existing types of heat exchangers and forms of connection of the body and pipes was carried out; a three-dimensional model of the heat exchanger was developed; a model of the load on the heat exchanger elements was developed; the influence of various forms of nozzles on the efficiency of heat exchange and the strength of the housing was investigated; recommendations for choosing a connection have been developed; design and technological documentation was developed for the production of water boxes and saddle supports.

In the scientific part of the work, the effect of the shape of the nozzles on the temperature of the steam at the exit from the heat exchanger was investigated. The amount of internal loads and deformation during the working conditions of the heat exchanger were found.

In the economic part of the work, the costs of carrying out scientific and research work are calculated.

The work also developed measures for occupational health and safety in emergency situations.

The graphic part illustratively complements the materials presented in the explanatory note.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ТЕПЛООБМІННА АПАРАТУРА РЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК.....	9
1.1 Загальні відомості про теплообмінну апаратуру.....	9
1.2 Підігрівачі бражки.....	9
1.3 Дефлегматори.....	10
1.4 Конденсатори.....	11
1.5 Холодильники.....	12
1.6 Випаровувачі (кип'ятильники).....	13
1.7 Підігрівачі спирту-сирцю.....	14
1.8 Допоміжна апаратура.....	15
1.9 Висновки.....	15
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД МОЖЛИВИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛООБМІННИ- КІВ.....	16
2.1 Конструкція кожухотрубного теплообмінника.....	16
2.2 Конструкція теплообмінника типу «труба в трубі».....	17
2.3 Конструкція пластинчастих теплообмінників.....	18
2.4 Конструкція спірального теплообмінника.....	20
2.5 Висновки.....	21
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛООБМІННИ- КІВ.....	22
3.1 Загальні відомості.....	22
3.2 Теоретичний розрахунок теплообмінників та його види.....	23
3.3 Гідравлічний розрахунок кожухотрубного теплообмінника.....	24
3.3.1 Розрахунок потужності, необхідної для переміщення води через підігрівач.....	25
3.3.2 Розрахунок діаметрів патрубків.....	27
3.4 Висновки.....	29

РОЗДІЛ 4 ПЕРЕВІРКА НА МІЦНІСТЬ РОЗРАХОВАНОГО ТЕПЛООБМІННИКА.....	30
4.1 Відомості про використану САЕ-систему для розрахунку на міцність.....	30
4.2 Розрахунок на міцність з використанням програми «ПАССАТ».....	31
4.2.1 Проектування та розрахунок сідлових опор.....	31
4.2.2 Проектування та розрахунок водяних коробок.....	35
4.3 Висновки.....	39
РОЗДІЛ 5 СТВОРЕННЯ ВОДЯНИХ КОРОБОК КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА.....	40
5.1 Коротка характеристика обраної САД-системи.....	40
5.2 Алгоритм побудови патрубків із фланцевим з'єднанням.....	41
5.3 Алгоритм побудови водяних коробок.....	44
5.4 Висновки.....	50
РОЗДІЛ 6 ВПЛИВ З'ЄДНАННЯ КОРПУС-ПАТРУБОК НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛООБМІНУ.....	51
6.1 Загальні відомості.....	51
6.2 Введення початкових даних у модулі Flow Simulation.....	52
6.3 Аналіз моделювання процесу теплообміну.....	55
6.4 Висновки.....	57
РОЗДІЛ 7 ВПЛИВ З'ЄДНАННЯ КОРПУС-ПАТРУБОК НА МІЦНІСТЬ КОРПУСУ.....	58
7.1 Загальні відомості.....	58
7.2 Задання вхідних даних.....	59
7.3 Моделювання процесу.....	63
7.4 Висновки.....	66
РОЗДІЛ 8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	67
8.1 Оцінювання наукового ефекту.....	67
8.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи.....	71
8.2.1 Витрати на оплату праці.....	71

	5
8.2.2 Відрахування на соціальні заходи.....	75
8.2.3 Сировина та матеріали.....	75
8.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі.....	77
8.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт....	77
8.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) ро- біт.....	77
8.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень.....	78
8.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей.....	80
8.2.9 Службові відрядження.....	81
8.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, уста- нови і організації.....	82
8.2.11 Інші витрати.....	82
8.2.12 Накладні (загальновиробничі) витрати.....	83
8.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи.....	84
8.4 Висновок.....	85
РОЗДІЛ 9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИ- ТУАЦІЯХ.....	86
9.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	86
9.1.1. Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	86
9.1.2. Електробезпека приміщення.....	87
9.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	88
9.2.1 Мікроклімат.....	88
9.2.2 Склад повітря робочої зони.....	89
9.2.3. Виробниче освітлення.....	90
9.2.4. Виробничий шум та вібрації.....	91
9.2.5 Виробничі випромінювання.....	92
9.2.6. Пожежна безпека.....	93
9.3 Висновки.....	93
ВИСНОВКИ.....	94

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96
ДОДАТКИ.....	99
ДОДАТОК А – ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	100
ДОДАТОК Б – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ.....	101
ДОДАТОК В – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	102
ДОДАТОК Г – КОНСТРУКТОРСЬКА ДОКУМЕНТАЦІЯ.....	103

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасні кожухотрубні теплообмінники виготовляються з нержавіючої сталі 08X18N10, незважаючи на кращі характеристики мідних теплообмінників. Мідь має кращі теплообмінні властивості, але гірші технічні характеристики і більшу ціну. Тому багато спиртових підприємств надають перевагу саме теплообмінникам з нержавіючої сталі, зробивши ставку на економію грошових ресурсів.

Незважаючи на разову економію капіталовкладень в подальшому для нержавіючих теплообмінників потрібно збільшувати подачу гріючого пару для досягнення потрібного ефекту, який можна було б порівняти із таким же теплообмінником з міді.

Тобто, покращення техніко-економічних рішень нержавіючого теплообмінника є достатньо актуальним.

Мета та задачі роботи дослідження.

Метою роботи є удосконалити техніко-економічні характеристики кожухотрубного теплообмінника шляхом дослідження та розробки рекомендацій по вибору форми з'єднання корпусу з комунікаціями.

Для досягнення мети планується розв'язати такі *задачі*:

- провести аналіз існуючих теплообмінників;
- розробити тривимірну модель прототипу;
- розробити схему навантаження на теплообмінник;
- дослідити вплив робочих умов на елементи теплообмінника;
- розробити рекомендації по вибору елементів теплообмінника;
- розробити конструкторську та технологічну документацію для виготовлення теплообмінника.

Об'єкт дослідження – теплообмінні процеси в кожухотрубному теплообміннику.

Предмет дослідження – кожухотрубний теплообмінник.

Методи дослідження. Імітація та кінцево-елементне моделювання фізико-

механічних процесів в кожухотрубному теплообміннику за допомогою програмного пакету SOLIDWORKS «Flow Simulation» і «Simulation».

Наукова новизна одержаних результатів. В науковій частині роботи досліджено вплив форми патрубків на температуру пару на виході з теплообмінника. Знайдено величину внутрішніх навантажень та деформацію під час робочих умов теплообмінника.

Практичне значення одержаних результатів.

Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані при проектуванні теплообмінників. Такі теплообмінники будуть мати міцніший корпус з меншими деформаціями і кращим теплообміном.

Розроблено рекомендації по вибору з'єднань корпусу і комунікаціями для удосконалення його та забезпечення кращої працездатність.

Особистий внесок магістранта. Основні результати, наведені у магістерській кваліфікаційній роботі, отримані самостійно.

Публікації. Опубліковано 1 тезу доповіді:

- Покращення ефективності кожухотрубного теплообмінника за допомогою імітаційного моделювання в САЕ-системах / В.В. Савуляк, Д.О. Салін, В.В. Василичен // Матеріали Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (мн-2023)» 15 листопада 2022 по 12 травня 2023 рр. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу :

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/schedConf/presentations>

РОЗДІЛ 1 ТЕПЛООБМІННА АПАРАТУРА РЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК

1.1 Загальні відомості про теплообмінну апаратуру

Багатоколонні ректифікаційні установки мають до двох десятків і навіть більше теплообмінників: підігрівачі бражки і спирту-сирцю, дефлегматори, конденсатори, холодильники, випарники (кип'ятильники) і т.д. Перед введенням у колону бражка зазвичай підігрівається за рахунок тепла спирто-водної пари, що виходить з верхньої частини колони ректифікаційної установки.

У дефлегматорі конденсується основна маса пари ви- що ходить з колони. Частина пари, що залишилася, направляється для конденсації у наступний теплообмінник, який називається конденсатором. Такий поділ умовний, оскільки, по суті, кожен із них є конденсатором.

Холодильники застосовуються для охолодження кінцевих продуктів: ректифікованого спирту, головної фракції, сивушного спирту та ін. У разі обігріву колон закритою парою встановлюються випарники (кип'ятильники). В установках для ректифікації спирту-сирцю підігрів спирта-сирцю перед введенням в епюраційну колону зазвичай проводиться за рахунок тепла лютерної води, що відходить зі спиртової колони [1].

1.2 Підігрівачі бражки

Підігрівачі бражки в сучасних брагоректифікаційних та сирцевих установках – це мідні або із нержавіючої сталі горизонтальні кожухотрубні багатоходові теплообмінники. На рис. 1.1 проказана конструкція однієї з двох секцій підігрівача бражки брагоректифікаційної установки продуктивністю 1000 дал/добу. Спирто-водяна пара надходить у міжтрубний простір, де конденсується. З метою підвищення швидкості, і турбулізації потоку пари в міжтрубному просторі вста-

новлюються, перегородки Б. Збільшуючи швидкість пари і направляючи його перпендикулярно трубкам, вони покращують тепловіддачу. Бражка рухається у середині труб із загальним напрямком знизу вгору, що сприяє кращому виділенню діоксиду вуглецю.

Бражні підігрівачі робляться багатоходовими, що дає можливість збільшити швидкість руху бражки в трубах.

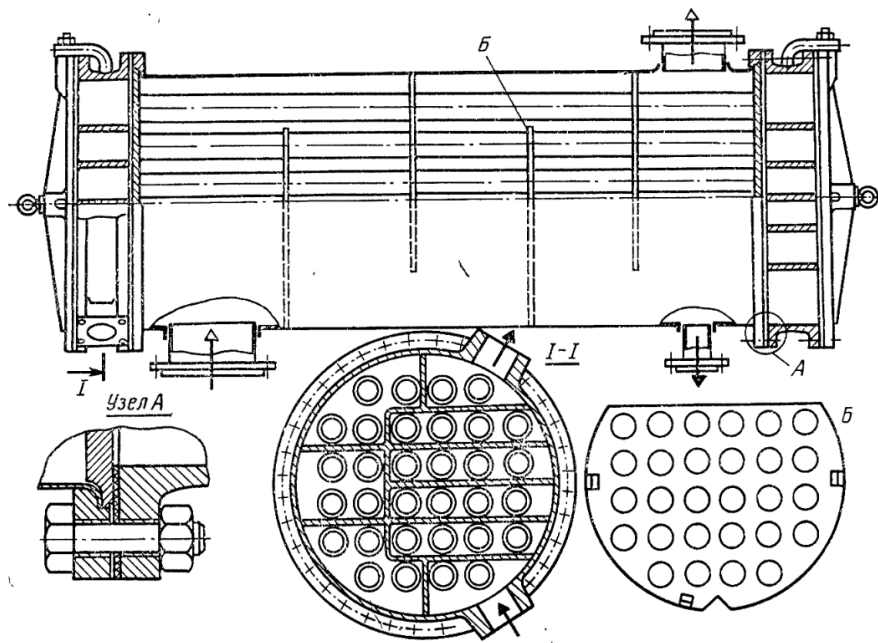


Рисунок 1.1 – Секція підігрівача бражки

1.3 Дефлегматори

Дефлегматори сирцевих ректифікаційних установок, як правило, робляться комбінованими. Відведення тепла в них здійснюється значною мірою за рахунок бражки і частково за рахунок води, що охолоджує. Тому такі дефлегматори одночасно є і підігрівачами бражки. Поверхня конденсації, що охолоджується водою, встановлюється в одному кожусі з підігрівачем бражки, в результаті чого в одному кожусі знаходяться, дві різні поверхні охолодження: одна (основна) омивається бражкою, інша (додаткова) – холодною водою, рис. 1.2. При цьому необхідно ретельне ущільнення розподільчої коробки між водяною та бражною частиною, щоб уникнути змішування води та бражки.

Дефлегматори епіюраційних, спиртових, сивушних та інших колон ректифікаційних установок та установок для ректифікації спирту-сирцю робляться за одним принципом - це, як правило, горизонтальні багатоходові кожухотрубні теплообмінники одно-або двосекційні, рис. 1.3.

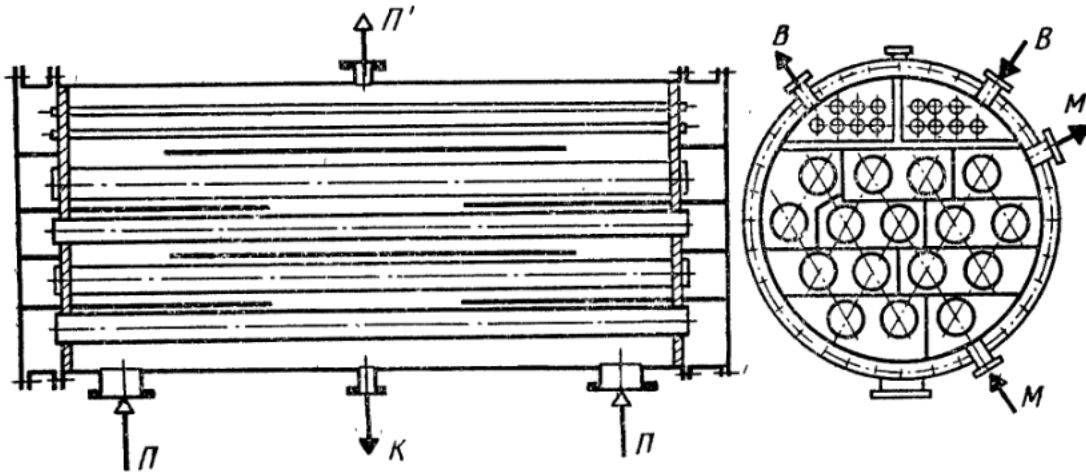


Рисунок 1.2 – Дефлегматор сирцевих ректифікаційних установок

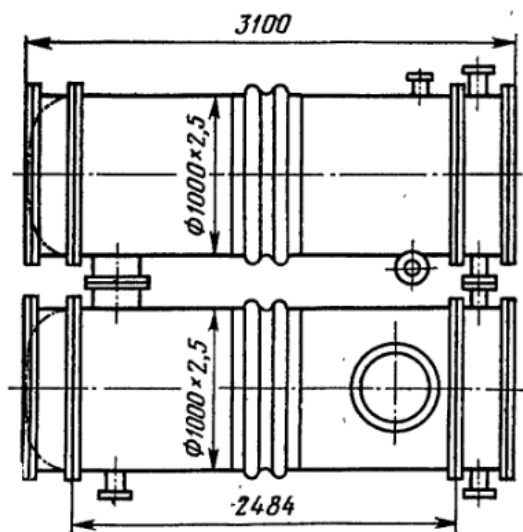


Рисунок 1.3 – Двосекційний дефлегматор (зовнішній вигляд)

1.4 Конденсатори

Пар, що не сконденсувався в підігрівачі бражки або в дефлегматоре, надходить у конденсатор, де повністю конденсується. Разом з парою в конденсатор

надходять гази, які не конденсуються. Щоб зменшити винесення спиртових парів з газами, що не конденсуються, їх охолоджують у конденсаторі до 20-30°C, при цьому охолоджується і конденсується спиртова пара.

Як конденсатори застосовують виключно вертикальні кожухотрубні теплообмінники рис. 1.4, проте можливо й у ряді випадків доцільно застосування горизонтальних багатоходових (по парі та воді) конденсаторів, що дозволить їх встановлювати безпосередньо над відповідними дефлегматорами.

У конденсаторах застосовуються труби діаметром 25-38 мм, довжиною 1,5-3 м-коду. Діаметр кожуха 300-800 мм.

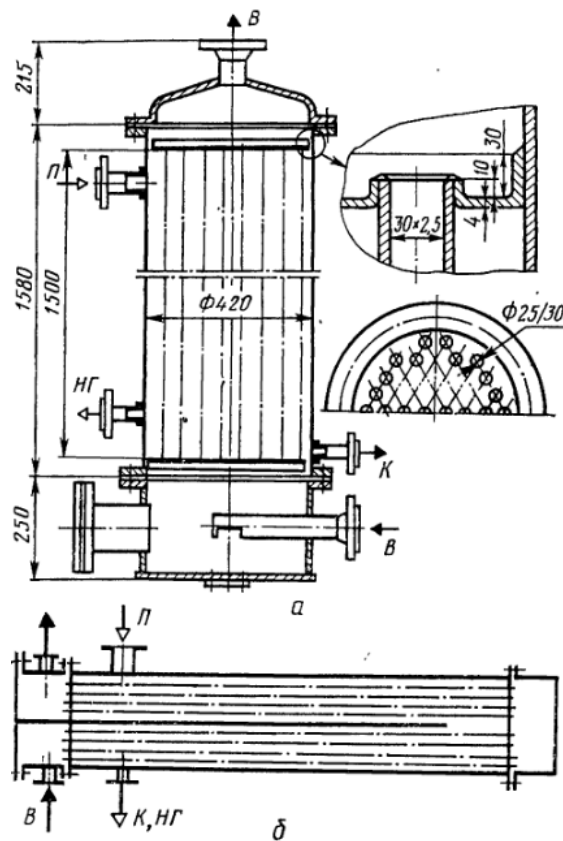


Рисунок 1.4 – Конденсатори: вертикальні а), горизонтальні б)

1.5 Холодильники

Для охолодження спирту, головної фракції та інших продуктів ректифікації зазвичай застосовують змієвикові, кожухотрубні та комбіновані холодильники. У холодильниках (рис. 1.5) змієвики встановлюються в один-три ряди

концентрично. З метою збільшення швидкості руху води під час обтікання змієвиків вільний простір усередині витків змієвика заповнюють витіснювальною камерою.

Охолоджуваний спирт або інші продукти рухаються всередині труб змієвика зверху донизу; вода, що охолоджує, рухається в міжтрубному просторі знизу вгору. Змієвики виготовляються з мідних труб діаметром 25-60 мм; кожух, кришки та витіснювальна камера холодильника із сталі.

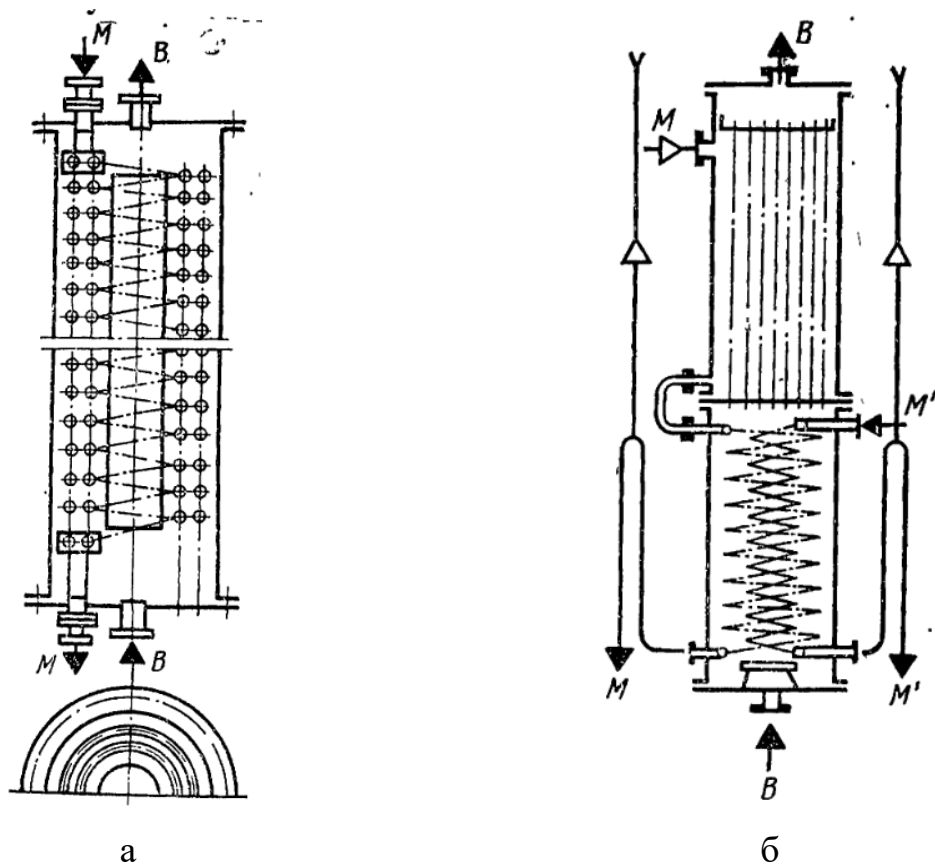


Рисунок 1.5 – Холодильник: змієвиковий а), комбінований б)

1.6 Випаровувачі (кип'ятильники)

Донедавна в практиці вітчизняного спиртового виробництва обігрів колон здійснювався в основному відкритою парою, і лише на деяких меласних заводах бражні колони обігрівалися закритою парою через поверхню теплопередачі.

В даний час закритий обігрів колон впроваджується, особливо на меласних спиртових заводах та заводах з низькою якістю води, що живить парові котли. Останнім часом типові брагоректифікаційні установки почали випускатися машинобудівними заводами із закритим обігрівом всіх колон.

1.7 Підігрівачі спирту-сирцю

При роботі установок безперервної дії для ректифікації спирту-сирцю потрібно підігрівати спирт перед введенням його в епіюраційну колону. Для цього можна використовувати різні теплообмінники. У практиці (частіше всього застосовуються теплообмінники кожухотрубні або типу «труба в трубі», рис 1.6. Кожухотрубні теплообмінники за своєю конструкцією нічим не відрізняються від аналогічних конденсаторів чи холодильників спирту. Нагрів спирту-сирцю здійснюється, як правило, за рахунок тепла лютерної води при протиточному їх русі в теплообміннику.

При обігріві колон закритою парою тепла лютерної води може бути недостатньо (при введенні в колону концентрованого спирту). У такому випадку доцільно один з дефлегматорів епіюраційної або спиртової колони використовувати як підігрівач спирту-сирцю (за аналогією з підігрівом бражки).

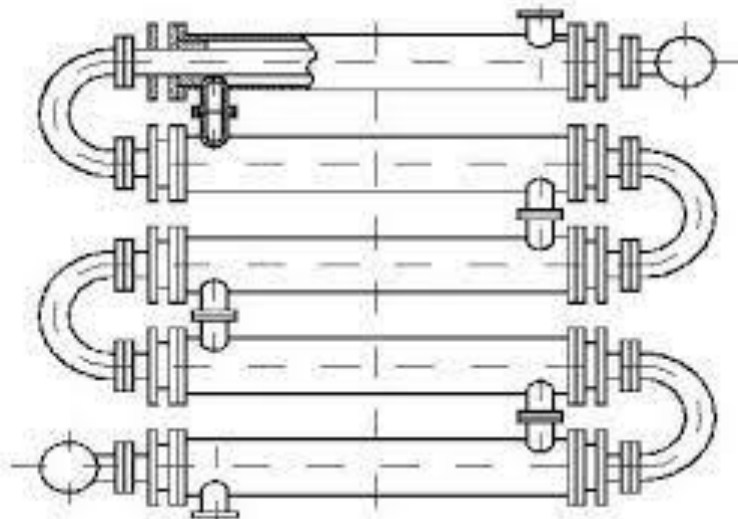


Рисунок 1.5 – Теплообмінник типу «труба в трубі»

1.8 Допоміжна апаратура

До допоміжного обладнання ректифікаційних установок відносять: насоси, пастки, сепаратори, пробні холодильники, ліхтарі, фільтри, регулятори рівня та ін.

1.9 Висновки

На основі розглянутих схем та компоновок теплообмінник апаратів, найбільш важливим вузлом є теплообмінник.

Ефективність апарату в цілому, значною мірою залежить від технічної ефективності і конструкції теплообмінника

РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД МОЖЛИВИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛООБМІННИКІВ

2.1 Конструкція кожухотрубного теплообмінника

Кожухотрубні теплообмінники відносяться до найбільш поширених апаратів. Їх застосовують для теплообміну та термохімічних процесів між різними рідинами, парами та газами як без зміни, так та зі зміною їх агрегатного стану.

Кожух (корпус) кожухотрубного теплообмінника є трубу, зварену з одного або кількох сталевих листів (рис. 2.1). Кожухи розрізняються головним чином способом з'єднання з трубною решіткою та кришками. Товщина стінки кожуха визначається тиском робочого середовища та його діаметром, але приймається не менше 3 мм. До його циліндричної обичайки приварюють фланці для з'єднання з кришками або днищами. На зовнішній поверхні кожуха прикріплюють опори апарату [1].

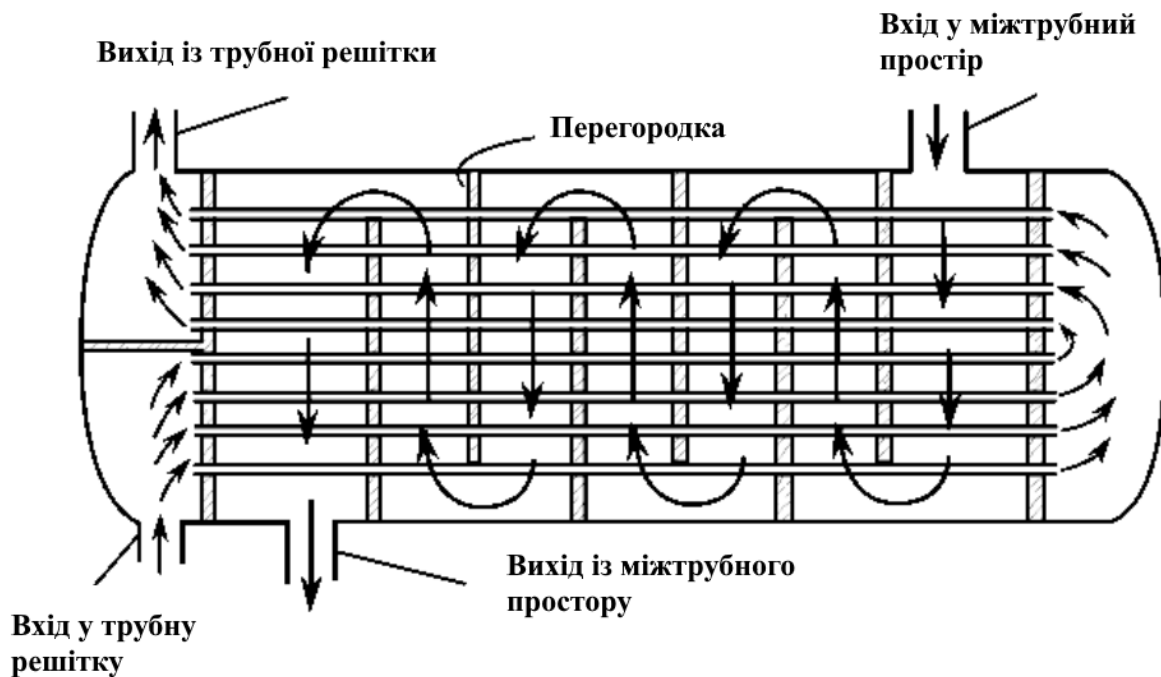


Рисунок 2.1 – Схема кожухотрубного теплообмінника

2.2 Конструкція теплообмінника типу «труба в трубі»

Цю групу апаратів відносять до поверхневих теплових приладів. Влаштування теплообмінника труба в трубі не відрізняється особливою складністю. Найчастіше до складу теплообмінника входить кілька елементів: їх мають один над одним, з'єднуючи між собою спеціальним кріпленням. До складу кожної окремої ланки входять вставлені одна в одну труби, призначені для теплообміну між собою, рис. 2.2. Зовнішню трубу більшого діаметра з'єднують із аналогічними елементами сусідніх відділень.

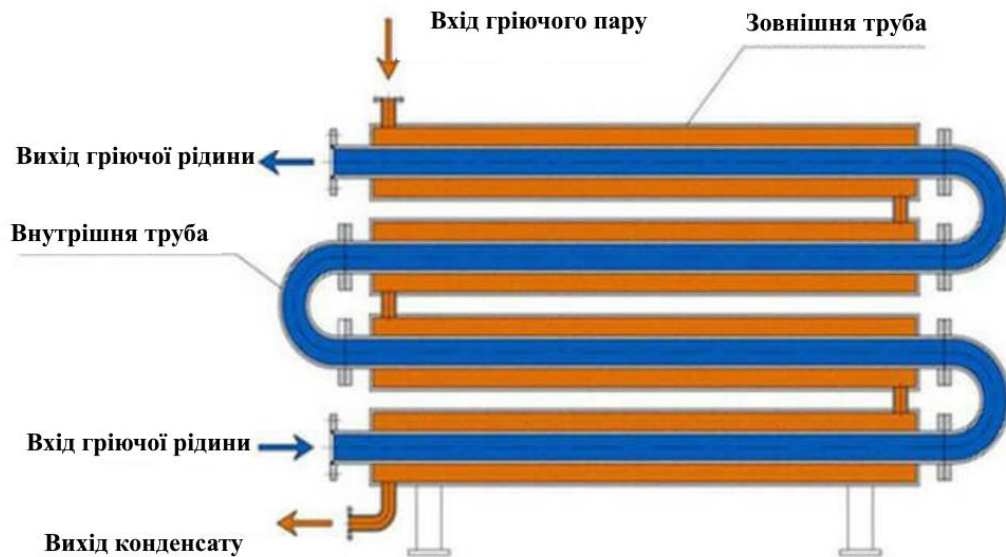


Рисунок 2.2 – напрямок руху теплоносіїв у теплообміннику «труба в трубі»

До основних переваг апаратів даного типу можна віднести:

- Оптимальна швидкість транспортування теплоносія. Це досягається завдяки ретельному підбору водопровідних труб необхідного діаметра: це дає можливість рідині рухатися всередині системи безперешкодно.
- Простота виготовлення та догляду. Це дозволяє без проблем проводити регулярне чищення пристрою, що позитивно впливає на тривалість його служби.

- Універсальність. Дана властивість теплообмінника дозволяє використовувати не тільки рідкий, але пароподібний теплоносії. Як результат, апарат з успіхом може застосовуватися в різних системах.

До недоліків обладнання зазвичай належать такі моменти: Великі розміри. Це накладає свій відбиток як на транспортування, так і на експлуатацію приладу. Особливо це стосується приватного користування, т.к. додатковий простір на установку апарата знайти не завжди легко.

- Вартість. Ціна зовнішніх труб, які не зайняті в теплообміні, а також труб, якими оснащується ґрунтовий теплообмінник (якщо вони є в загальній конструкції) досить значна.

2.3 Конструкція пластинчастих теплообмінників

Пластинчасті теплообмінні апарати застосовують для охолодження та нагрівання рідин, конденсації чистої пари та пари з парогазових сумішей, а також як гріючі камери випарних апаратів.

Пластинчасті теплообмінники (рис. 2.3, а, б) мають щілинні канали, утворені паралельними пластинами. Для інтенсифікації теплообміну та підвищення компактності, пластинам при виготовленні надають різні профілі (рис. 5, г), а між плоскими пластинами поміщають профільні вставки. Пластини штампують із листової сталі (вуглецевої, оцинкованої, легованої), алюмінію, мельхіору, титану та інших металів та сплавів. Товщина пластин - 0,5...2 мм. Поверхня теплообміну однієї пластини - 0,15...1,4 м², відстань між пластинами - 2...5 мм.

Переваги пластинчастих теплообмінників:

- Зручність. Транспортування та монтаж є простими, оскільки пластинчастий теплообмінник має менші габарити, ніж інші види теплообмінних рекуперативних апаратів.

- Простота обслуговування. Розбірні, напівзварні та зварні теплообмінники легко промивати, оскільки вони або повністю розбираються, як у випадку з розбірними агрегатами, або частково, надаючи доступ до пластин, як напівзварні та зварні апарати.

- Висока продуктивність. ККД пластинчастих агрегатів досягає 95%(розбірних).

- Ціна. Вартість пластинчастих установок нижче, ніж аналогічних кожухотрубних, спіральних або блокових агрегатів.

Недоліки:

- Часто потрібне заземлення. Оскільки пластини мають малу товщину - вони схильні до впливу блукаючих струмів, що призводить до появи дірок у них.

- Більш вимогливі до якості очищення теплоносія. Оскільки між пластинами відстань невелика, то канали будуть забруднюватися швидше, ніж внутрішні поверхні кожухотрубного теплообмінника, що призводить до зниження коефіцієнта теплопередачі і, як наслідок, ККД пластинчастого теплообмінника.

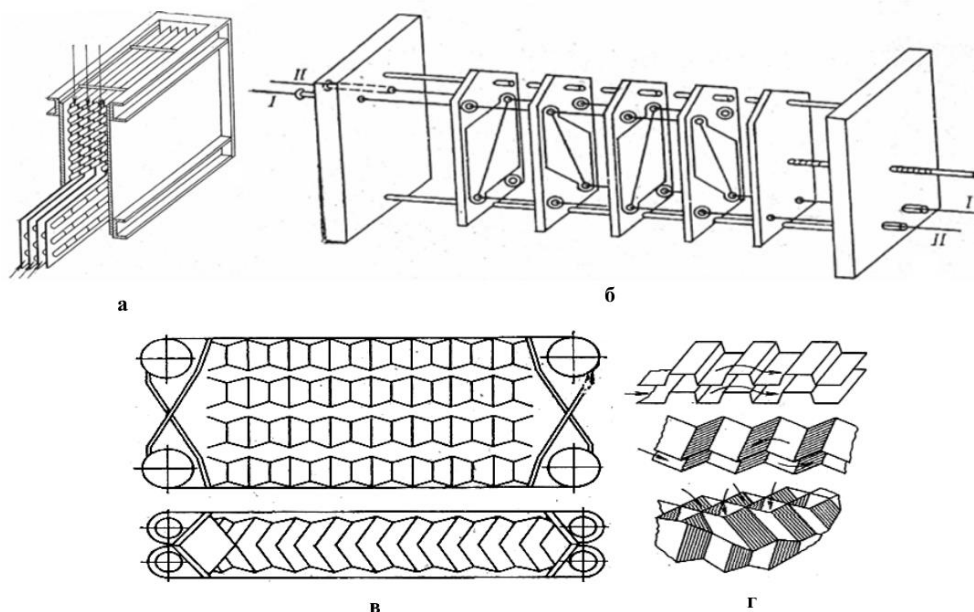


Рисунок 2.3 – Пластинчасті теплообмінники: пластинчастий повітропідігрівач
 а) розбірний пластинчастий теплообмінник для теплової обробки рідких середовищ б) гофровані пластини в) профілі каналів між пластинами г) I, II - вхід та вихід теплоносія

2.4 Конструкція спірального теплообмінника

Спіральні теплообмінники(СТ) – апарати, в яких канали теплоносіїв утворені двома згорнутими у спіралі на спеціальному верстаті листами (рис. 2.4 а). Відстань між ними фіксується привареними бобишками або штифтами (рис 2.4 б). Навивку спіральних теплообмінників виробляють із рулонної сталі шириною 0,2...1,5 м з поверхнями нагріву 3,2...100 м² на відстані між листами 8...12 мм і товщиною стінок 2 мм для тиску до 0,3 МПа та 3 мм - до 0,6 МПа. Зарубіжні фірми виготовляють спеціальні теплообмінники з рулонного матеріалу (вуглецевих та легованих сталей, нікелю, титану, алюмінію, їх сплавів та деяких інших) шириною 0,1...1,8 м, товщиною 2...8 мм при відстані між листами 5...25 мм. Поверхні нагрівання становлять 0,5...160 м².

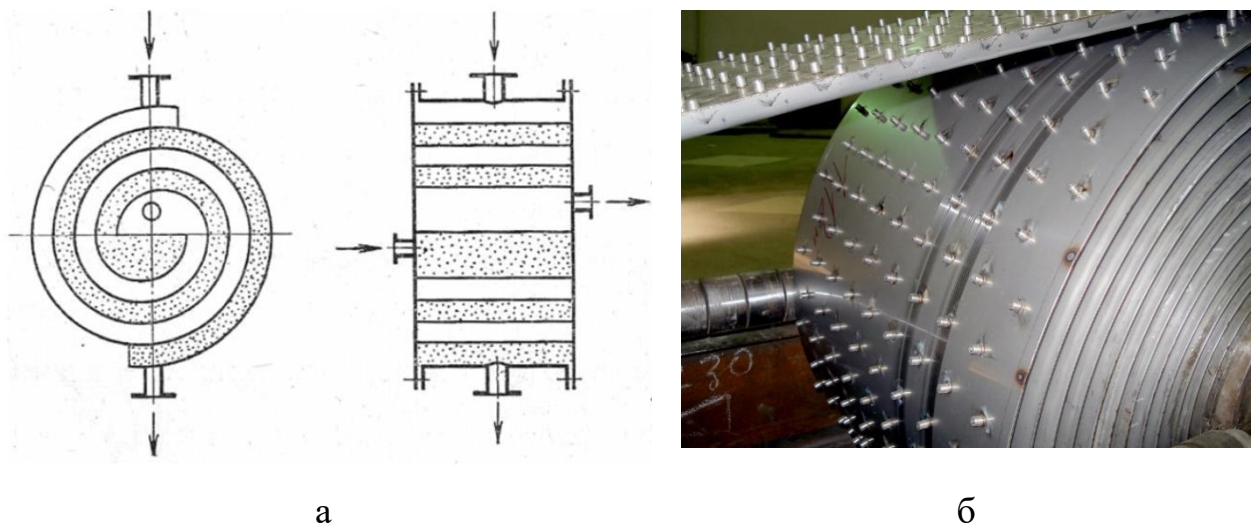


Рисунок 2.4 – Спіральний теплообмінник: принципова схема СТ а), регулювання ширини каналу СТ б)

Особливості спіральних теплообмінників такі:

- Високий коефіцієнт теплообміну вище ніж у трубчастих теплообмінників у 2-3 рази.

- Гарні здібності до самоочищення, тобто швидкість руху рідини в СТ вище, ніж в інших типах теплообмінників, процес прилипання йде повільніше. СТ легко миються та очищуються.

- Процес теплообміну однаково добре відбувається як за маленької, так і великої різниці в температурах зустрічних потоків.

- СТ відрізняється стабільною роботою, легкістю контролю за температурними режимами. Завдяки довгому шляху рідини проходима СТ, можна легко досягти бажаного результату нагрівання або охолодження.

- Надійна конструкція завдяки герметизації кожного з двох проходів зустрічні потоки не змішуються. СТ займає набагато меншу площу порівняно з трубчастими теплообмінниками.

- СТ мають меншу вартість порівняно з іншими типами теплообмінників завдяки доступності

До основних недоліків СТ можна віднести неможливість відбору продукції безпосередньо із самого теплообмінника.

2.5 Висновки

Найбільш розповсюдженими видами теплообмінників є кожухотрубні, через свою простоту і широкі можливості. Основним недоліком є його габарити, при однакових площах теплообміну, кожухотрубні будуть найбільшими. Саме тому питання покращення його ефективності теплообміну є актуальною. 1) Зміна кількості труб приведе до збільшення діаметру 2) збільшення довжини теж не є доцільним, адже чим менше співвідношення довжини до діаметру, тим його матеріалоемність є меншою. Без зміни габариту можна змінювати тільки крок і кількість внутрішніх перегородок, а також формою з'єднань із основною комунікацією.

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ

3.1 Загальні відомості

До теплових процесів належать охолодження, нагрівання, конденсація, випарювання. Нагрівання – підвищення температури середовища за рахунок підведення до нього тепла. Конденсація – зрідження пари якої-небудь речовини за рахунок відведення від неї теплоти. Випарювання – переведення рідини в пару за рахунок підведення теплоти [8].

У теплових процесах взаємодіють не менше ніж два середовища з різними температурами, які називаються теплоносіями. Передача тепла від більш нагрітого теплоносія до менш нагрітого через розділяючу їх стінку, називається теплопередачею і характеризується основним рівнянням теплопередачі, [9]:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau, [Дж] \quad (3.1)$$

де Q – кількість теплоти, що передається від більш нагрітого теплоносія (теплове навантаження), Дж;

K – сумарний коефіцієнт теплопередачі, $Вт / (м^2К)$;

Δt – температурний напір, рушійна сила процесу теплопередачі, $К(^{\circ}С)$;

τ – тривалість процесу, с.

У хімічній та інших галузях промисловості теплообмінні апарати, звичайно працюють у сталому (стаціонарному) режимі. Це означає, що в умовах незмінного агрегатного стану теплоносіїв їх температури не змінюються з часом, а змінюються тільки уздовж поверхні розділяючої їх стінки. Таким чином, для сталих безперервних процесів можна прийняти $\tau = 1с$, рівняння теплопередачі матиме вигляд:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t, [Вт] \quad (3.2)$$

де Q – кількість теплоти, що передається від гарячого теплоносія до холодного за відрізок часу в 1 с, Вт.

Температуру ж теплоносіїв достатньо фіксувати на вході та виході апарата, присвоюючи індекс «1» гарячому теплоносію, індекс «2» холодному теплоносію.

Однією з найважливіших величин, що характеризують теплообмін, є коефіцієнт теплопередачі K , який показує, яка кількість теплоти переходить за одиницю часу від більш нагрітого до менш нагрітого теплоносія через поділяючу їх стінку поверхнею 1 м^2 при різниці температур в 1°C .

Коефіцієнт теплопередачі розраховують згідно з рівнянням:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.3)$$

де α_1 та α_2 – коефіцієнти тепловіддачі для гарячого та холодного теплоносія, відповідно, $Вт / (м^2К)$;

$\sum \frac{\delta}{\lambda}$ – сумарний термічний опір стінки поверхні теплопередачі та забруднень, $Вт / (м^2К)$.

Коефіцієнти тепловіддачі визначаються з врахуванням умов тепловіддачі гарячого та холодного теплоносія за допомогою критеріальних рівнянь, від яких залежить від конкретних умов процесу, розташування та форми поверхні теплообміну.

3.2 Теоретичний розрахунок теплообмінників та його види

Конструкції теплообмінних апаратів досить різноманітні, проте існує за-

гальна методика теплотехнічних розрахунків, яку можна застосувати для окремих розрахунків в залежності від наявних вихідних даних.

Існує два види теплового розрахунку: конструктивний (проектний) и перевірний. Конструктивний розрахунок виконується при проектуванні теплообмінного апарату, коли задані теплопродуктивність апарату, теплоносії, їх витрати і параметри.

Ціль такого розрахунку є визначення поверхні теплообміну і конструктивних розмірів вибраного типу апарату. Конструктивний розрахунок складається з теплового (теплотехнічного), гідравлічного і механічного розрахунків. Ціль теплового розрахунку визначити необхідну поверхню теплообміну і підібрати стандартизований апарат. Розрахунок теплообмінника складається з них двох етапів:

1) попередній (орієнтовний) тепловий розрахунок, в рамках якого визначають орієнтовну поверхню теплообміну і попередні габарити апарату;

2) уточнений тепловий розрахунок проводиться з метою уточнення поверхні теплообміну шляхом розрахункових параметрів, що характеризують процес теплообміну — коефіцієнтів тепловіддачі і теплопередачі з урахуванням режимів, руху потоків в попередньо вибраному апараті.

Гідравлічний розрахунок проводиться з визначенням достатньої цілі тиску, створюваного насосами (компресорами) для подолання опорів, що виникають при русі потоку через апарат.

В механічному розрахунку апарату обґрунтовано вибирають матеріали для виготовлення елементів конструкції і проводять все необхідні інші розрахунки, що підтверджують можливість його безпечної та тривалої експлуатація при заданих параметрах роботи (температура, тиск) і з урахуванням властивості теплообмінних потоків.

3.3 Гідравлічний розрахунок кожухотрубного теплообмінника

Цей розрахунок визначає кількість енергії, витраченої на рух теплоносіїв

через апарат. Гідравлічний опір пароводяних теплообмінників по міжтрубному простору, як правило, не визначається, тому що його значення внаслідок невеликих швидкостей та малої густини пари мало.

3.3.1 Розрахунок потужності, необхідної для переміщення води через підігрівач

Повний напір ΔP , необхідний для руху рідини або газу через теплообмінник, визначається за формулою, 3.4:

$$\Delta P = \sum \Delta P_{mp} + \sum \Delta P_m + \sum \Delta P_y + \sum \Delta P_z, [Па] \quad (3.4)$$

де $\sum \Delta P_{mp}$ - сума гідравлічних втрат на тертя, Па;

$\sum \Delta P_m$ – сума втрат напору в місцевих опорах, Па;

$\sum \Delta P_y$ – сума втрат напору, зумовлених прискоренням потоку, Па;

$\sum \Delta P_z$ – перепад тиску для визначення гідростатичного стовпа рідини,

Па.

Гідравлічні втрати на тертя в каналах при поздовжньому омиванні пучка труб теплообмінного апарату визначаються за формулою, 3.5

$$\Delta P_{mp} = \lambda_{mp} \frac{L \omega^2 \rho}{2d_e}, [Па] \quad (3.5)$$

де λ_{mp} - коефіцієнт опору тертя;

L – сумарна довжина труб, м;

d_e – еквівалентний діаметр, рівний внутрішньому діаметру труб, м;

ω – середня швидкість води на даній ділянці, м/с;

ρ – густина води, кг / м³.

Коефіцієнт опору тертя для чистих труб можна розрахувати по формулі 3.6:

$$\lambda_{mp} = \frac{1}{(1,8 \cdot \ln Re_{ж} - 1,5)} = \frac{1}{(1,8 \cdot \ln 123475,61 - 1,5)} = 0,0028. \quad (3.6)$$

Обчислимо

$$\Delta P_{mp} = 0,0028 \frac{24 \cdot 2^2 \cdot 983}{2 \cdot 0,021} = 6291 (Па).$$

Гідрравлічні втрати тиску, Па, в місцевих опорах знаходимо по формулі 3.7:

$$\Delta P_m = \xi \frac{\omega^2 \rho}{2} = 1,5 \frac{2^2 \cdot 983}{2} = 2949 (Па), \quad (3.7)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору, його знаходять як суму опорів кожного елемента підігрівача ($\xi = 1,5$).

Втрати тиску, Па, зумовлені прискоренням потоку внаслідок – зміни обсягу теплоносія при постійному перерізі каналу визначаються за формулою 3.8.:

$$\Delta P_y = \rho_2 \omega_2 - \rho_1 \omega_1 [Па], \quad (3.8)$$

де ρ_2 і ρ_1 – густини теплоносіїв у вихідному і вхідному перерізах потоку відповідно, $кг / м^3$;

ω_2 і ω_1 – швидкості теплоносіїв у вихідному і вхідному розрізах потоку відповідно, м/с.

Так як для краплинних рідин втрати тиску ΔP_y мізерно малі, то вони не приймаються до уваги ($\Delta P_y = 0$).

Перепад тиску для подолання гідростатичного стовпа рідини дорівнює нулю ($\Delta P_2 = 0$), так як даний підігрівач не контактує з навколишнім середовищем.

Повний напір, необхідний руху води через апарат

$$\Delta P = \Delta P_{тр} + \Delta P_m = 6291 + 2949 = 9240 \text{ (Па)}.$$

Потужність необхідна для переміщення води через підігрівач

$$N = \frac{G_g \Delta P}{1000 \eta} = \frac{0,0139 \cdot 9240}{1000 \cdot 0,85} = 0,152 \text{ (кВт)},$$

де G – об'ємний розхід води, $\text{м}^3 / \text{с}$;

η – ККД насоса.

3.3.2 Розрахунок діаметрів патрубків

Для визначення розмірів патрубків для води (вхідний та вихідний патрубки) обчислюють площу перерізу патрубка

$$F_{nam}^g = \frac{G_g}{\omega_g} = \frac{0,0139}{2} = 0,007 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Тоді діаметр патрубка

$$d_{nam}^g = \sqrt{\frac{4F_{nam}^g}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,007}{\pi}} = 0,95 \text{ (м)}.$$

Округлимо значення до найближчого більшого $d_y = 100 \text{ мм}$ ($d_{зоб} = 108 \text{ мм}$), по Ру 0,25 МПа, [2].

Для визначення діаметра вхідного патрубку пару задаються швидкістю пару на вході в патрубок $\omega_n = 9,6 \text{ м/с}$ і розраховують площу перерізу патрубку, формула 3.12

$$F_{nam}^n = \frac{D_n}{\omega_n \rho_n} = \frac{1,57}{9,6 \cdot 5,16} = 0,032 (\text{м}^2), \quad (3.12)$$

де D_n – масовий розхід пару, кг/с;

ρ_n – густина пари при середній температурі, кг/м^3 ;

Тоді діаметр вхідного патрубку для входу пару

$$d_{nam}^n = \sqrt{\frac{4F_{nam}^n}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,032}{\pi}} = 0,201 (\text{м}).$$

Округлимо значення до найближчого більшого $d_y = 200 \text{ мм}$ ($d_{зоб} = 219 \text{ мм}$), по Ру 1,6 МПа, [2].

Швидкість конденсату у вихідному патрубку приймають рівною $\omega_k = 3 \text{ м/с}$. Щільність конденсату знаходять за температури насичення пари t_s по табл. 1, додаток 2, [3] ($\rho_r = 907,4 \text{ кг/м}^3$).

Площа перерізу патрубку

$$F_{nam}^k = \frac{D_n}{\omega_k \rho_k} = \frac{1,57}{3 \cdot 907,4} = 0,0005 (\text{м}^2).$$

Тоді діаметр вхідного патрубку для виходу конденсату

$$d_{nam}^k = \sqrt{\frac{4F_{nam}^k}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0005}{\pi}} = 0,025 (\text{м}).$$

Округлимо значення до найближчого більшого $d_y = 25 \text{ мм} (d_{зоб} = 32 \text{ мм})$, по Ру 1,6 МПа, [2].

Знайдемо розміри патрубку для виходу повітря. Приймаємо розхід повітря $G_{нов} = 0,05 D_n = 0,05 \cdot 1,57 = 0,079 \text{ кг/с}$, швидкість повітря $\omega_{нов} = 8 \text{ м/с}$.

Площа перерізу патрубку

$$F_{nam}^{нов} = \frac{G_{нов}}{\omega_{нов} \rho_{нов}} = \frac{0,079}{8 \cdot 0,798} = 0,012 (\text{м}^2),$$

де $\rho_{нов} = 0,798$ – густина повітря при середній температурі пару (приймаємо по додатку 2, табл. 16, [3]).

Тоді діаметр патрубку для відкачування повітря

$$d_{nam}^{нов} = \sqrt{\frac{4 F_{nam}^{нов}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,012}{\pi}} = 0,123 (\text{м}).$$

Округлимо значення до найближчого більшого $d_y = 125 \text{ мм} (d_{зоб} = 133 \text{ мм})$, по Ру 1,6 МПа, [2].

3.4 Висновки

На основі проведених гідравлічних та інших розрахунків параметри кожухотрубного теплообмінника наступні: діаметр вхідного патрубку пару 219мм, вихідного 133мм, патрубку коробок 108мм.

РОЗДІЛ 4 ПЕРЕВІРКА НА МІЦНІСТЬ РОЗРАХОВАНОГО ТЕПЛООБМІННИКА

4.1 Відомості про використану САЕ-систему для розрахунку на міцність

В даному розділі уже розрахований теплообмінник перевіряється на міцність, а також уточнюються всі інші параметри (фланцеве з'єднання, товщина фланців, кількість і розмір болтів, та ін.) за допомогою програми «ПАССАТ». Програма «ПАССАТ», є спеціалізованою і призначена для розрахунку міцності та стійкості ємностей, апаратів та їх елементів з метою оцінки несучої здатності в робочих умовах, а також в умовах випробувань та монтажу. Розрахунки проводяться згідно зі стандартом ГОСТ 52857-2007, [4] та РД 26 14 88, [5].

Розрахунки здійснюються до кожного вузла окремо для обичайки, днища, переходу, з'єднання.

Функції, які виконуються:

1. Введення та аналіз вихідних даних;
2. Відображення моделі з можливістю завдання кольорів окремих елементів;
3. Автоматичне визначення розрахункових величин (вага, розрахункові довжини, характеристики ребер жорсткості, визначення сідлових опор, довжини після завдання геометрії елементів і механічні властивості матеріалів, які використовуються;
4. Автоматичне зміна параметрів суміжних елементів всієї моделі після попередження при зміні геометричних параметрів або умов навантаження елемента;
5. Визначення розрахункових товщин і допустимих значень тиску, сил і моментів;
6. Розрахунок міцності та жорсткості місця з'єднання патрубка з ємністю;
7. Розрахунок фланцевих з'єднань залежно від тисків, сил і моментів та температурних напружень;
8. Формування звіту після виконання розрахунків моделі.

Вихідними даними є геометричні характеристики та матеріали елементів посудини або апарату, тип та розташування опор, характер випробувань, величини навантажень.

Вибір матеріалів проводиться з бази даних, при цьому величини допустимих напружень, модулів змінюються програмою автоматично при зміні матеріалу, температури або товщини стінки.

Результати розрахунку видаються у вигляді повного звіту щодо елементів моделі з проміжними результатами обчислення.

Загальний вигляд інтерфейсу та розрахований теплообмінник зображено на рис. 4.1.

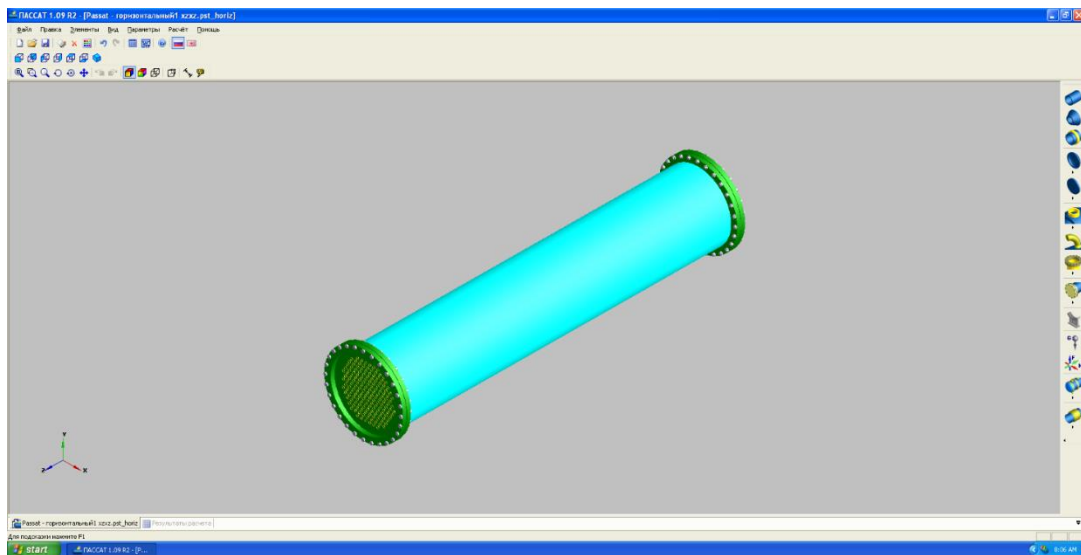


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд інтерфейсу

За допомогою «ПАССАТ» в даному розділі буде розраховано водяні коробки з кришками і сідлові опори, які в свою чергу підбираються по висоті, а також перевіряються на міцність.

4.2 Розрахунок на міцність з використанням програми «ПАССАТ»

4.2.1 Проектування та розрахунок сідлових опор

Для того, щоб до готового корпусу теплообмінника додати сідлову опору

скористаємося боковою панеллю, рис. 4.2, та виберемо сідлову опору

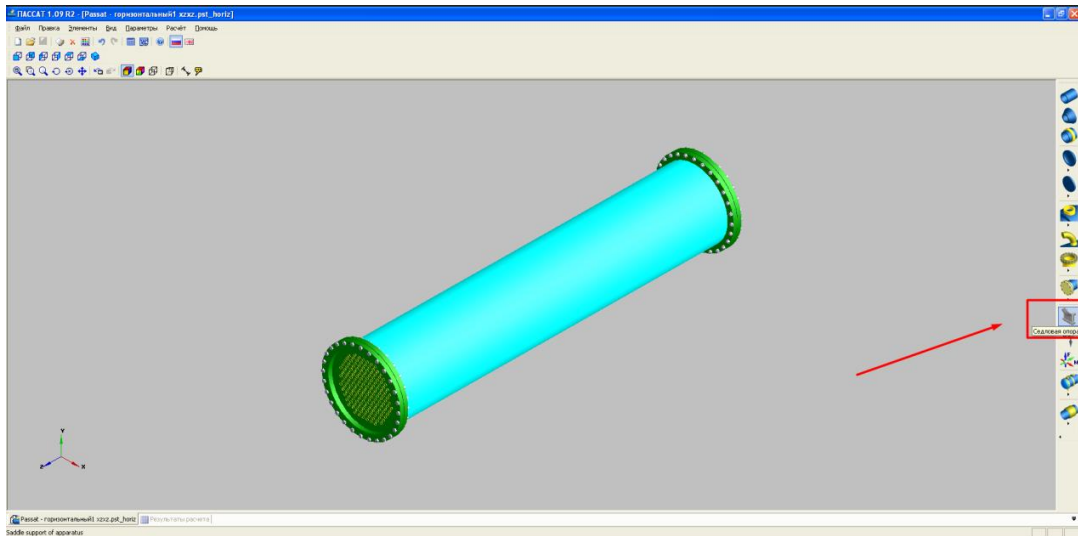


Рисунок 4.2 – Вибір та розташування сідлових опор в програмі «ПАСКАТ»

Після натискання на іконку, рис. 5.2, появиться панель, рис. 5.3, з вхідними даними самої опори. Для розрахунку, а не тільки для візуалізації, опору поставимо відмітку про те, що нам потрібен розрахунок опори.

Сидловая опора

Название элемента: Опора седловая №1

Опора присоединена к: Кожух теплообменника

Внутренний диаметр обечайки, D: 602 мм

Толщина стенки обечайки, s: 4 мм

Укрепление обечайки

Без укрепления

Подкладным листом

Кольцом жёсткости

Ширина опоры, b: 300 мм

Угол охвата опоры, delta1: 100 градус

Расстояние от края элемента, l0: 490 мм

Расчётная температура, T: 204 С

Высота опоры, H: 300 мм

Толщина листа, s2: 6 мм

Ширина листа, b2: 400 мм

Угол охвата листа, delta2: 120 градус

Длина выступающей части листа, f: 53.5816 мм

Требуется расчет опоры

Рисунок 4.3 – Основні габаритні розміри опор

Інші розміри та вибір матеріалу опор наведено на рис. 4.4, конструкційні характеристики матеріалу опор, рис. 4.5.

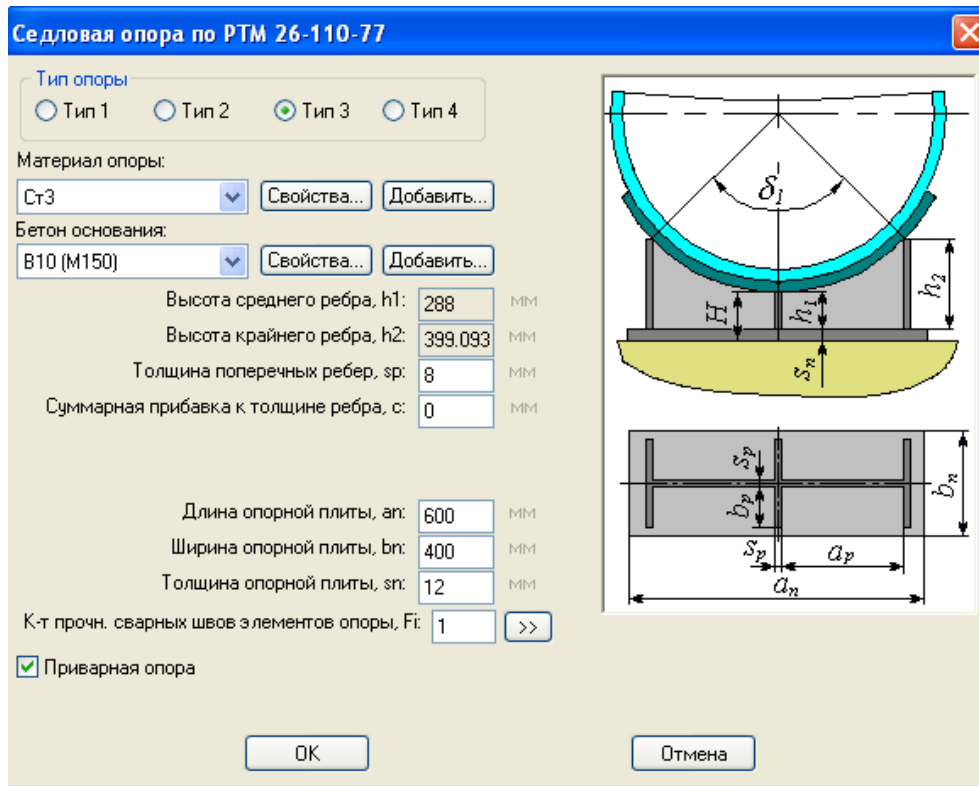


Рисунок 5.4 – Розміри опорної плити опор

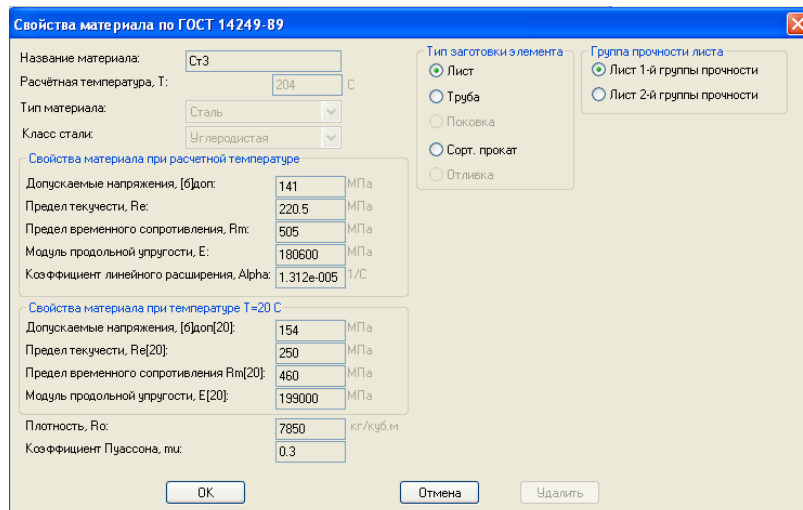


Рисунок 5.5 – Характеристики сталі

Після виконання кроків наведених вище отримаємо теплообмінник із однією опорою, рис. 5.6. Друга опора має такі самі габарити та характеристики, різниця тільки в розташуванні від краю обичайки, рис. 5.7.

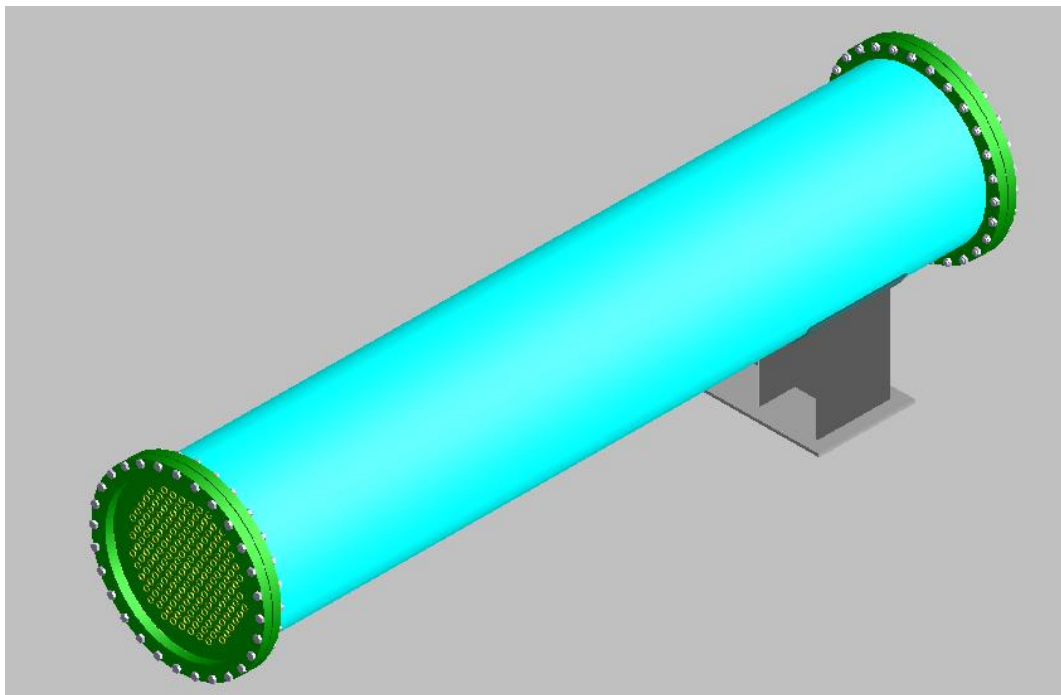


Рисунок 4.6 – Загальний вигляд із однією опорою

Седловая опора

Название элемента:

Опора присоединена к:

Внутренний диаметр обечайки, D: мм

Толщина стенки обечайки, s: мм

Укрепление обечайки

Без укрепления

Подкладным листом

Кольцом жёсткости

Ширина опоры, b: мм

Угол охвата опоры, delta1: градус

Расстояние от края элемента, l₀: мм

Расчётная температура, T: C

Высота опоры, H: мм

Толщина листа, s₂: мм

Ширина листа, b₂: мм

Угол охвата листа, delta2: градус

Длина выступающей части листа, f: мм

Требуется расчет опоры

Рисунок 4.7 – Розташування другої опори

В кінцевому результаті отримаємо дві сідлові опори, рис. 4.8, з відстанню між ними 2000мм.

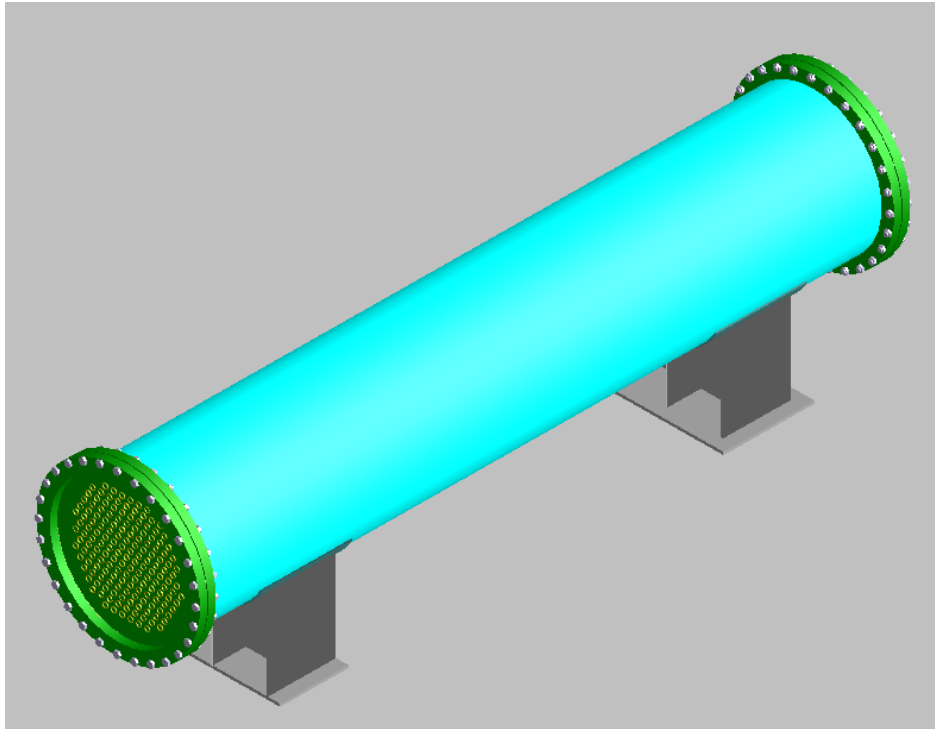


Рисунок 4.8 – Вигляд із двома опорами

4.2.2 Проектування та розрахунок водяних коробок

Для того, щоб до готового корпусу теплообмінника додати обичайку водяної коробки скористаємося боковою панеллю, рис. 5.2, та виберемо обичайку циліндричну.

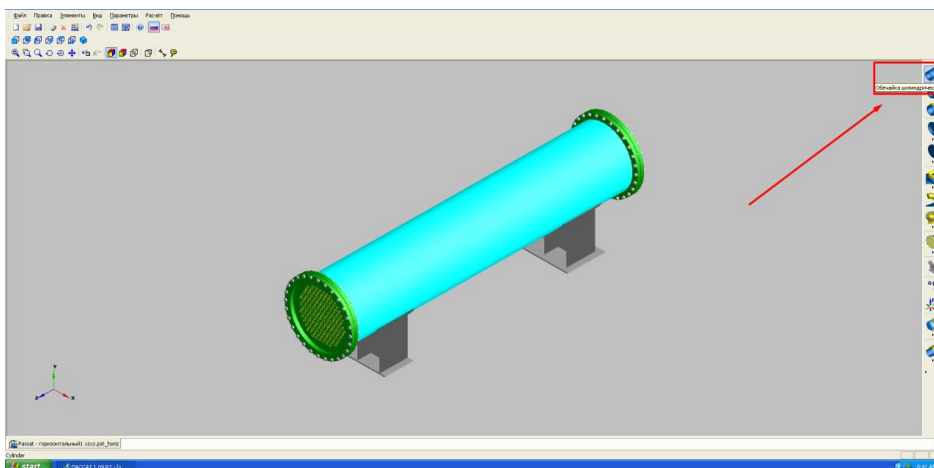


Рисунок 4.9 – Вибір та розташування обичайок в програмі «ПАССАТ»

Після натискання на обичайку буде на вибір задання її розташування початок/кінець, рис. 5.10.

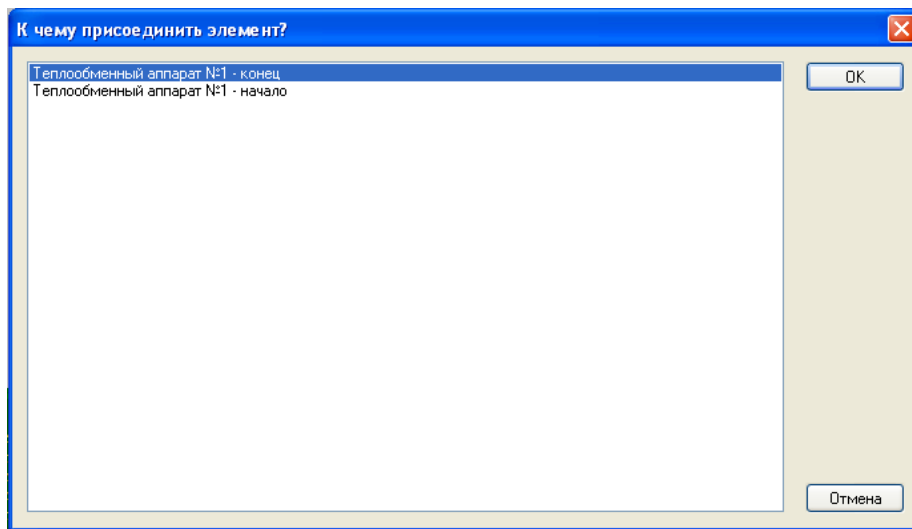


Рисунок 4.10 – Выбор размещения

Габаритные размеры, материал та рабочие параметры коробок наведены на рис. 4.11.

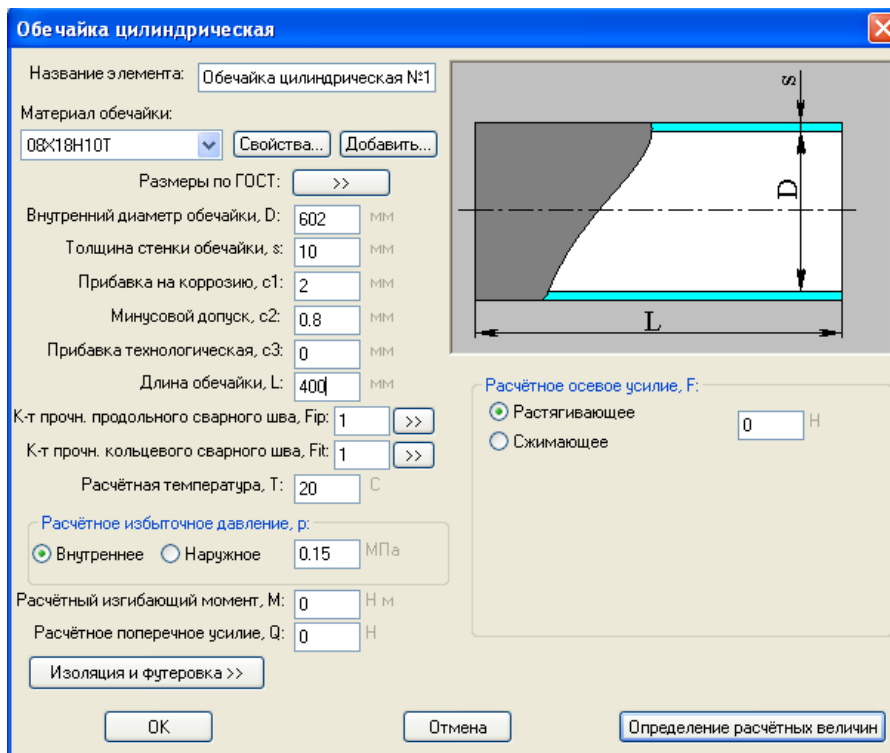


Рисунок 4.11 – Характеристики водяных коробок

Друга водяна коробка аналогічна першій по характеристикам, але з висотою 200мм, вигляд із обичайками коробок показано на рис. 4.12.

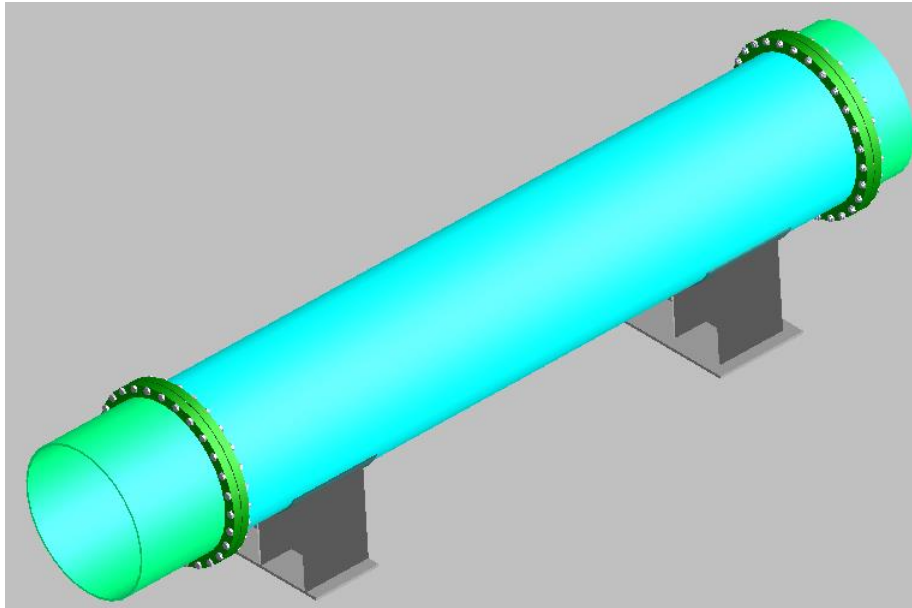


Рисунок 4.12 – Загальний вигляд з обичайками

Останнім пунктом для закінчення теплообмінника є додання кришок на водні коробки, знімні плоскі кришки, рис. 4.13.

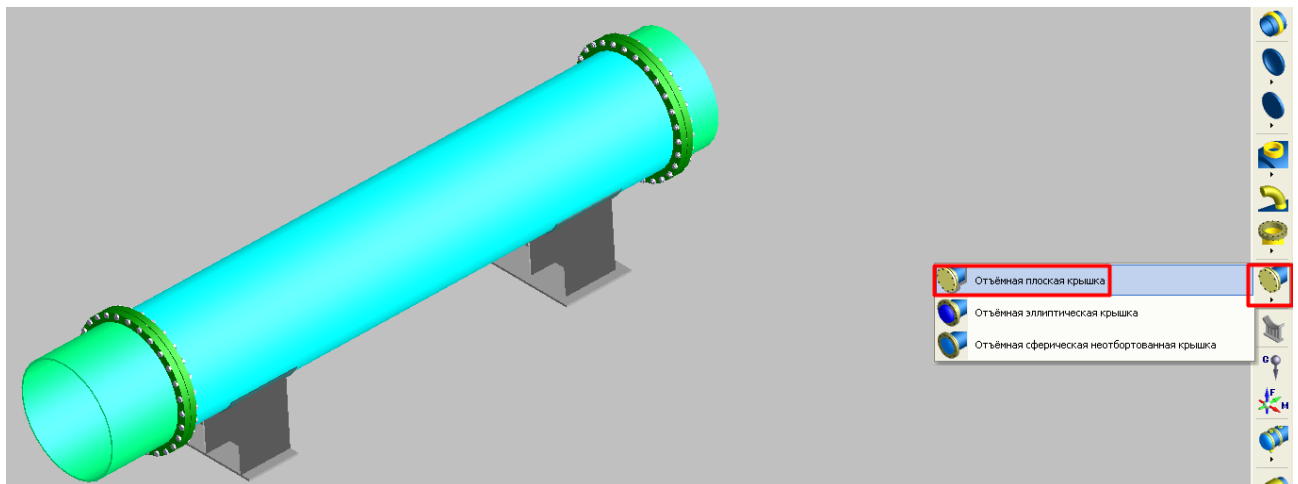


Рисунок 4.13 – Додання знімних кришок

Характеристики, габарит та матеріал кришок із фланцем показано на рис. 4.14, кришки на теплообміннику однакові по всім ознакам, рис. 4.15.

Параметры отъёмной крышки

Название элемента: Крышка плоская №1

ФЛАНЕЦ: Размеры по ГОСТ >>

Тип фланца:
 Приварные встык
 Плоские приварные
 Контактные

Исполнение фланца:
 Плоские
 Выступ-впадина
 Шип-паз

Параметры крышки
 Материал дна: Ст3
 Толщина стенки, s1: 20 мм
 Прибавка на коррозию, c1: 0 мм
 Минусовый допуск, c2: 0 мм
 Прибавка технологическая, c3: 0 мм
 Толщина в месте прокладки, s2: 20 мм
 Толщина вне уплотнения, s3: 20 мм
 Наименьший диаметр наружной утоненной части, D2: 668 мм
 Наружный диаметр, Dн: 730 мм
 Коэф-т прочности сварного шва, Fc: 1 >>
 Паз для перегородки

Данные смежного элемента
 Смежный элемент: Обечайка цилиндрическая №1
 Внутренний диаметр, D: 602 мм
 Толщина стенки, s: 4 мм
 Материал: 08Х18Н10Т
 Параметры фланца
 Материал: Ст3
 Внутренний диаметр, D: 602 мм
 Наружный диаметр, Dн: 730 мм
 Высота фланца, h: 28 мм

Крепёж
 Болты
 Шпильки
 Контроль затяжки
 Проточка стержня
 Материал: 35
 Наружный диаметр, d: 20 мм
 Количество, n: 24 >>
 Диаметр болтовой окружности, Dб: 690 мм

Материал: Резина по ГОСТ 7338 с твёрдостью по Шору А до 65 единиц
 Размеры по ГОСТ >>
 Средний диаметр, Dсп: 639 мм
 Ширина, bп: 29 мм
 Толщина, hп: 4 мм

УСЛОВИЯ НАГРУЖЕНИЯ:
 Расчётное избыточное давление, p:
 Внутреннее
 Наружное
 0,15 МПа
 Расчётная температура, T: 90 °C
 Изолированный

OK Отмена

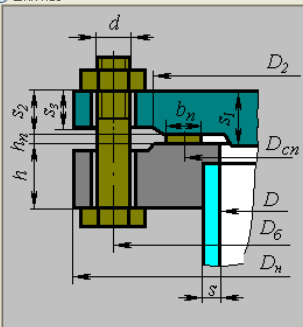


Рисунок 4.14 – Характеристики крышек

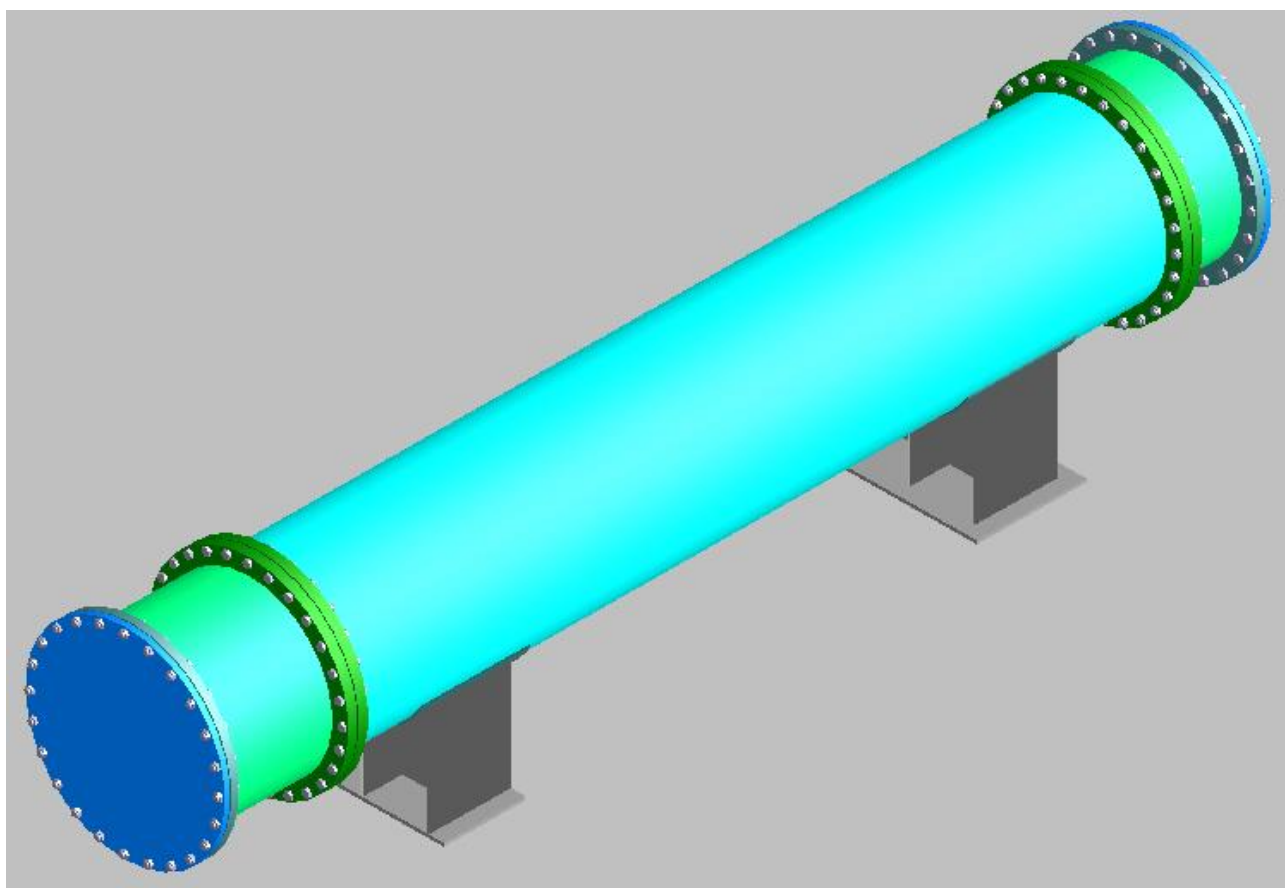


Рисунок 4.15 – Загальний вигляд готового теплообмінника

Після виконаного формування звіту він буде поданий у форматі .rtf, приклад звіту, рис. 4.16.

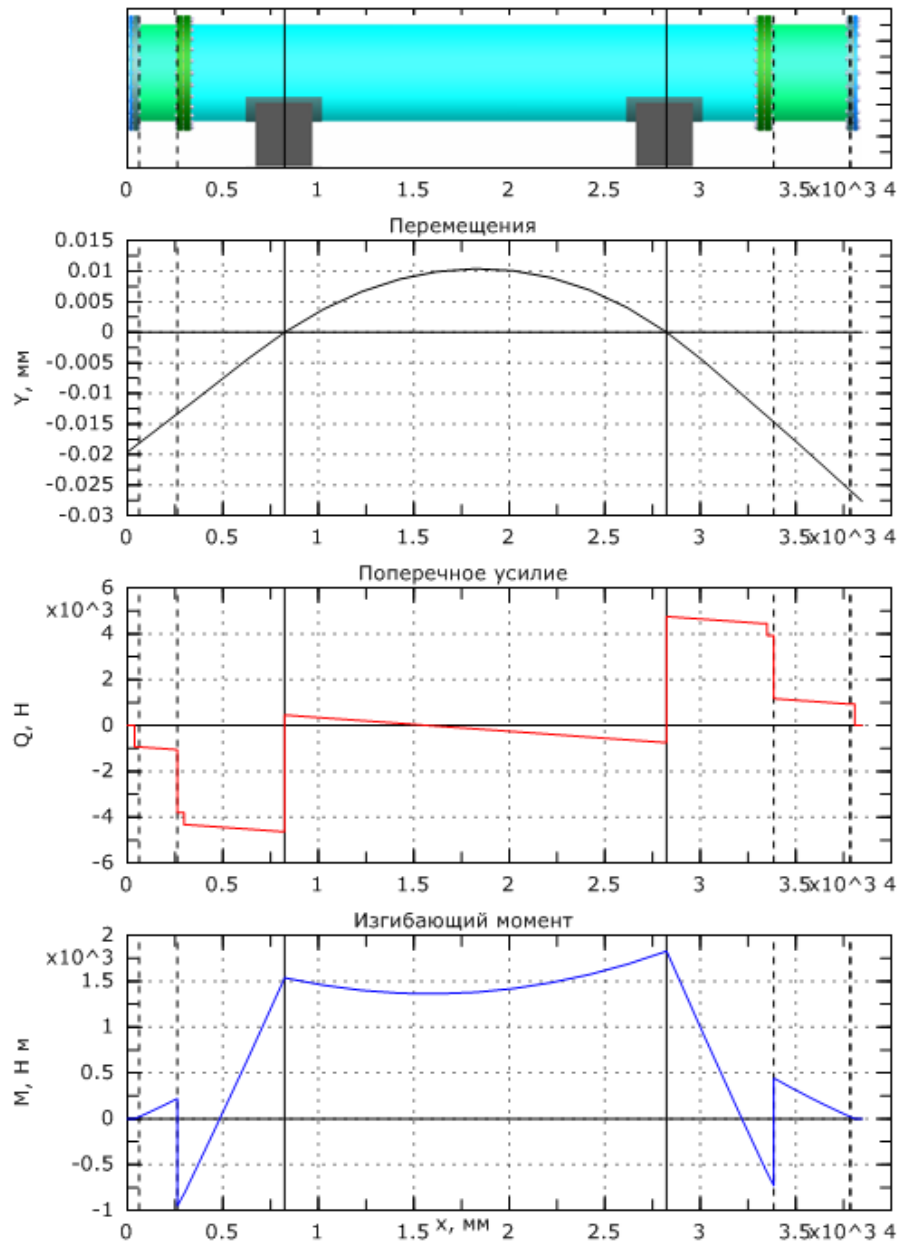


Рисунок 4.17 – Епюри теплообмінника

4.3 Висновок

На основі розрахунків, проведених за допомогою програми “ПАССАТ”, уточнено геометричні характеристики кришки, сідла, водяних коробок.

Для кришки вони становлять: зовнішній діаметр 730мм, товщина кришки 20мм.

Для сідла: висота опори 300мм, габарити опорної плити 600х400 мм.

Водяні коробки висотою по 300мм.

РОЗДІЛ 5 СТВОРЕННЯ ВОДЯНИХ КОРОБОК КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА

5.1 Коротка характеристика обраної CAD-системи

CAD-програми (computer aided design) – системні комплекси для проектування, за допомогою яких автоматизують завдання на різних стадіях виготовлення промислової продукції.

Розробка даної тривимірної моделі водяних коробок проводилася в програмі «SolidWorks 2020», оскільки «SolidWorks» є конструкторською системою твердотілого параметричного моделювання машинобудівних конструкцій. Стандартний графічний користувальницький інтерфейс і засоби твердотілого параметричного моделювання дозволяють швидше і легше ніж будь-коли створювати тривимірні моделі деталей, складальні одиниці, генерувати креслення.

Також програма дозволяє працювати над різними деталями і вузлами за допомогою твердотілого моделювання. Процес створення моделей в даній CAD-системі є простим, оскільки інтерфейс програми, (рис. 4.1), є зрозумілим та інтуїтивним.

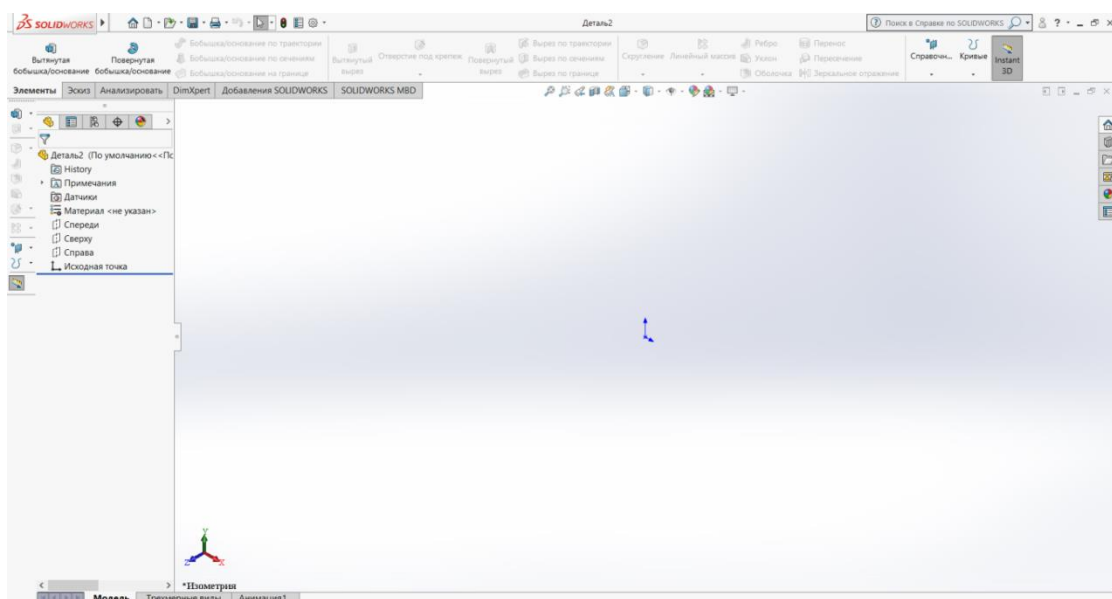


Рисунок 5.1 – Загальний вигляд інтерфейсу програми «SolidWorks 2020», при створенні 3D моделей

5.2 Алгоритм побудови патрубків із фланцевим з'єднанням

Для створення правильної форми патрубків, які будуть потом приварюватися до корпусу і водяних коробок кожухотрубного теплообмінника, використаємо готову модель корпусу теплообмінника, діаметр якого рівний 610мм, рис. 5.2

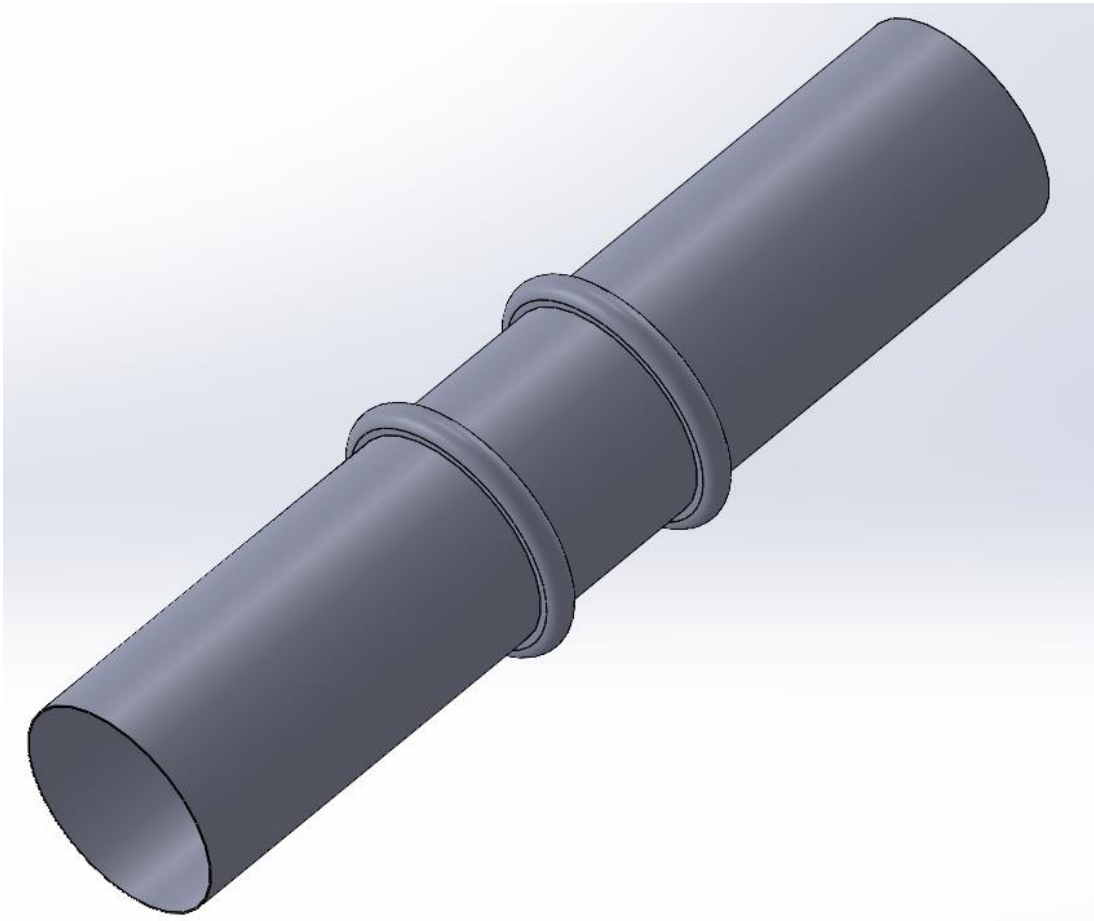


Рисунок 5.2 – модель корпусу теплообмінника

Оскільки усі корпусні патрубкі будуть приєднуватися радіально, то в площині спереду створимо ескіз, рис. 5.3 а. та за допомогою команди «Повернута бобышка/основание» отримаємо модель корпусу з патрубком, рис. 5.3 б.

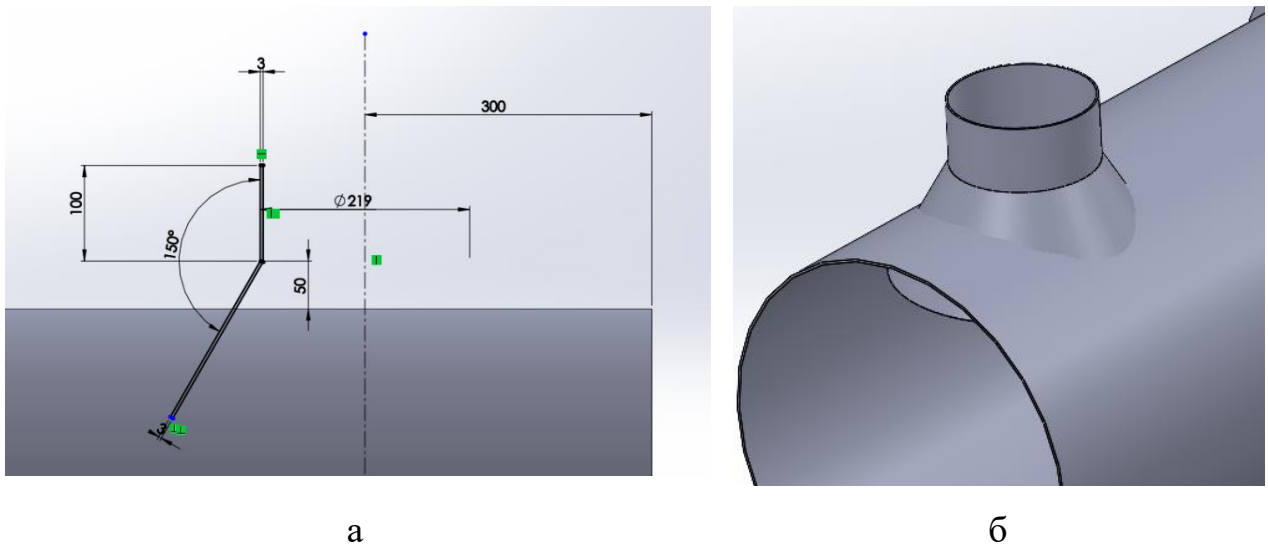


Рисунок 5.3 – Ескіз патрубка а), результат операції б)

Для правильного примикання патрубка, використаємо команду «Пересечение», рис. 5.4, приміткою до команди «Повернутая бобышка/основание» є те, що потрібно зняти виділення біля пункту «Объединить результаты». Вибиремо області, які нам не потрібні, рис. 5.5, та підтвердимо операцію, результат операції зображено на, рис. 5.6.

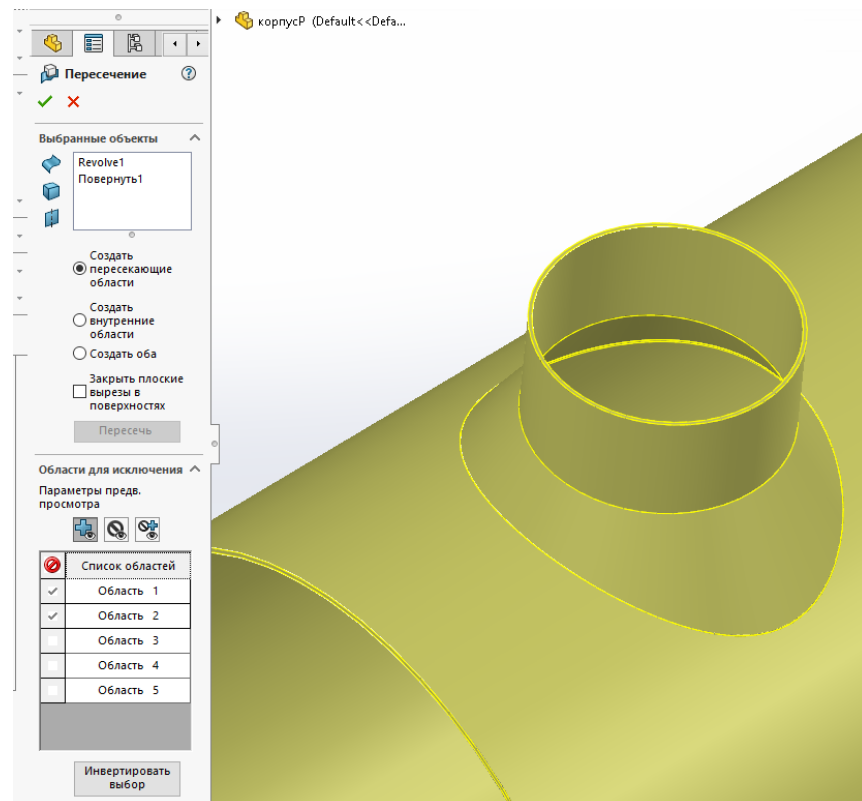


Рисунок 5.4 – Створення області перерізу

Повторимо всі вище наведені кроки для вихідного патрубку, результат зобразимо на рис. 5.5.

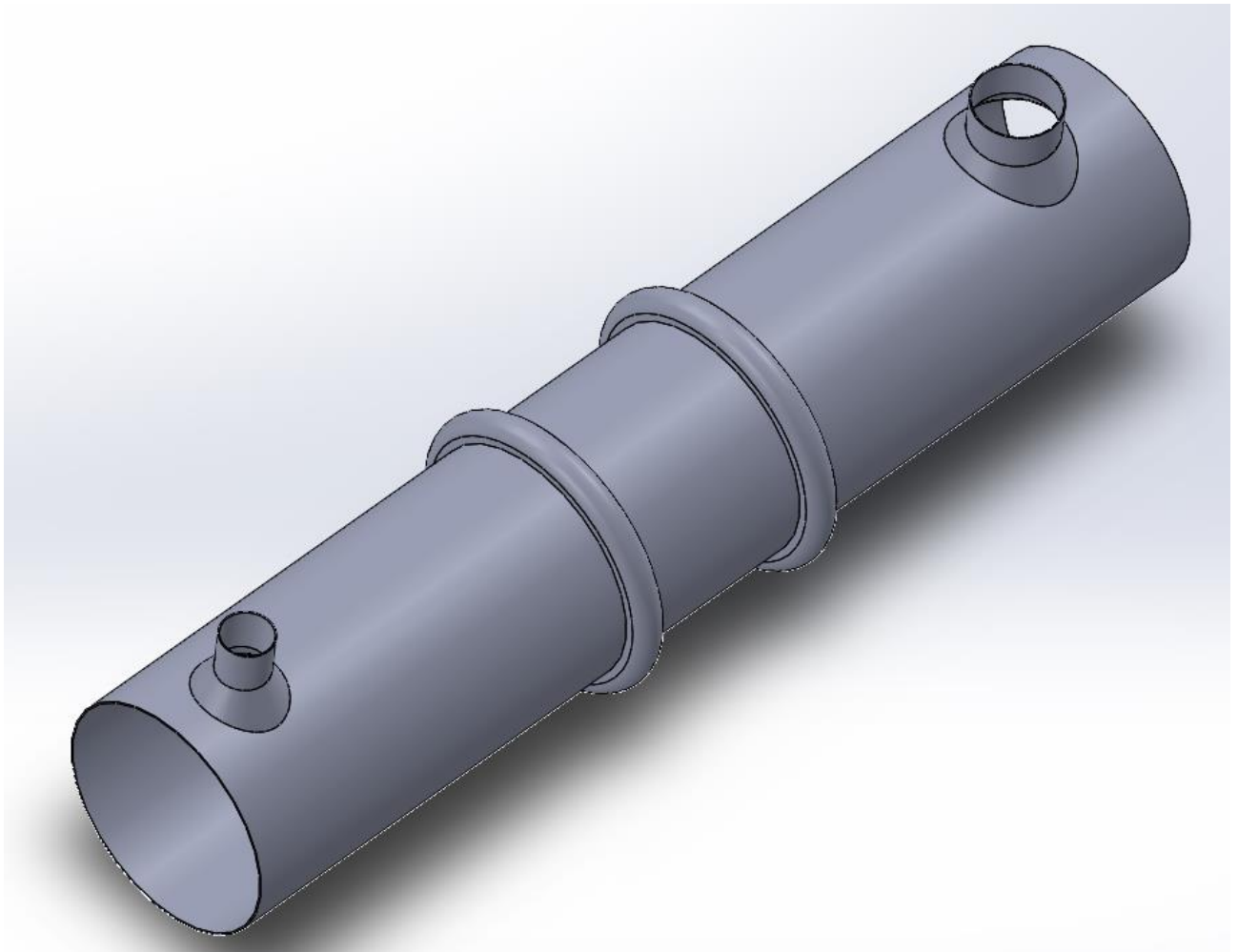


Рисунок 4.5 – Модель корпусу

Для підключення комунікацій потрібно надавати в комплекті поставки зворотні патрубки (стандартна довжина 80мм.) потрібно подбати про роз'ємне фланцеве з'єднання. Фланці виконуємо згідно [2]. Щоб фланець був поворотній потрібно приварити відбортовку, а для герметизації використовуємо паронітову прокладку, саме з'єднання показано на рис. 5.6.

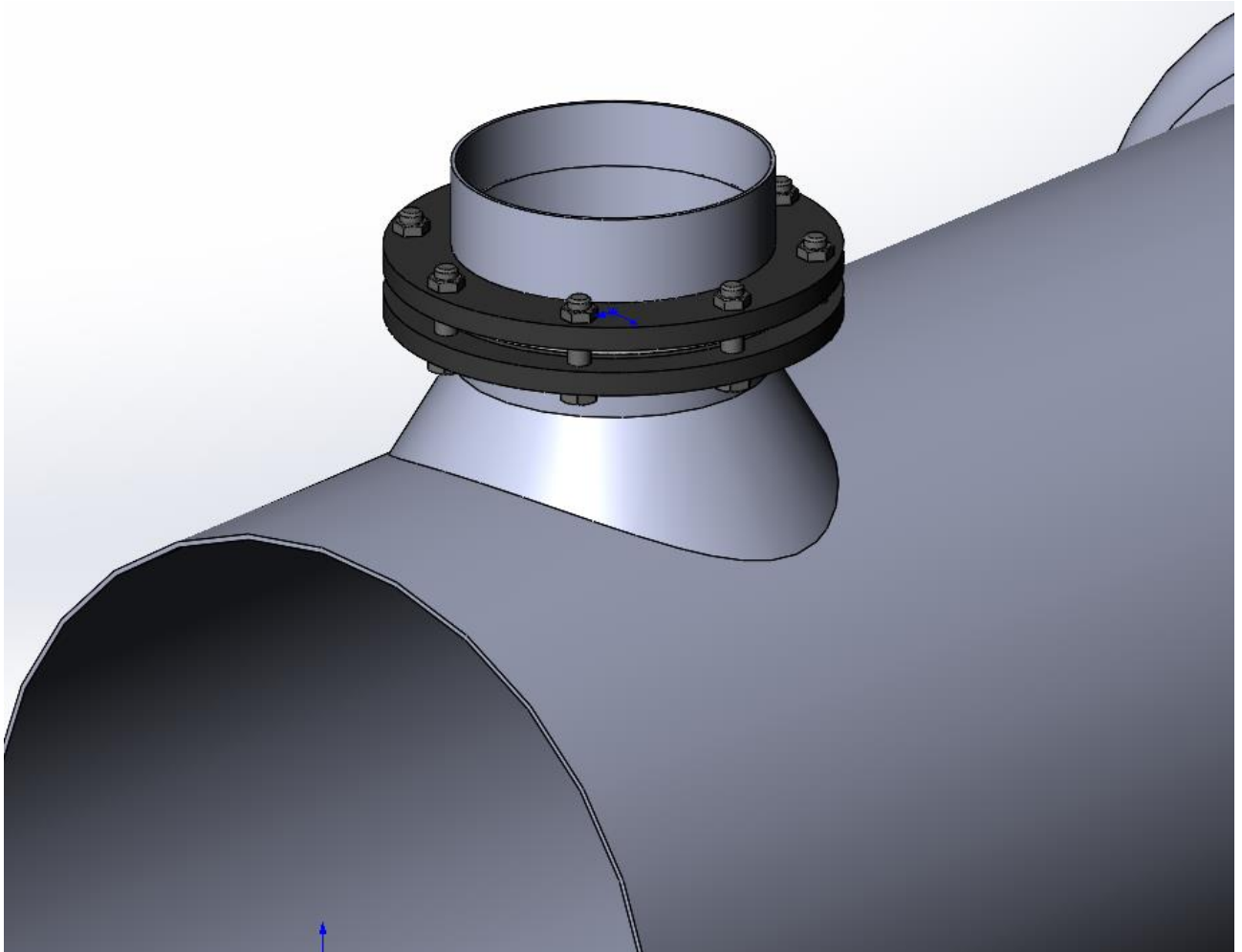


Рисунок 5.6 – Зовнішній вигляд фланцевого з'єднання

5.3 Алгоритм побудови водяних коробок

Для створення водяних коробок, потрібне ескіз трубної решітки, рис. 5.7, в якому 160 отворів діаметром 26 мм, також трубна решітка поділена на 8 частин, так звані ходи [6, 10].

Із креслення трубної решітки ми отримаємо діаметр коробок, який становить 610 мм., також дізнаємося діаметр фланця, рис. 5.8 а, для його отримання скористаємося функцією «Повернута бобышка/основание», ескіз фланця, рис. 5.8 б

Для прилягання коробок до рорванда використовуємо відбортовки, а також пароніт.

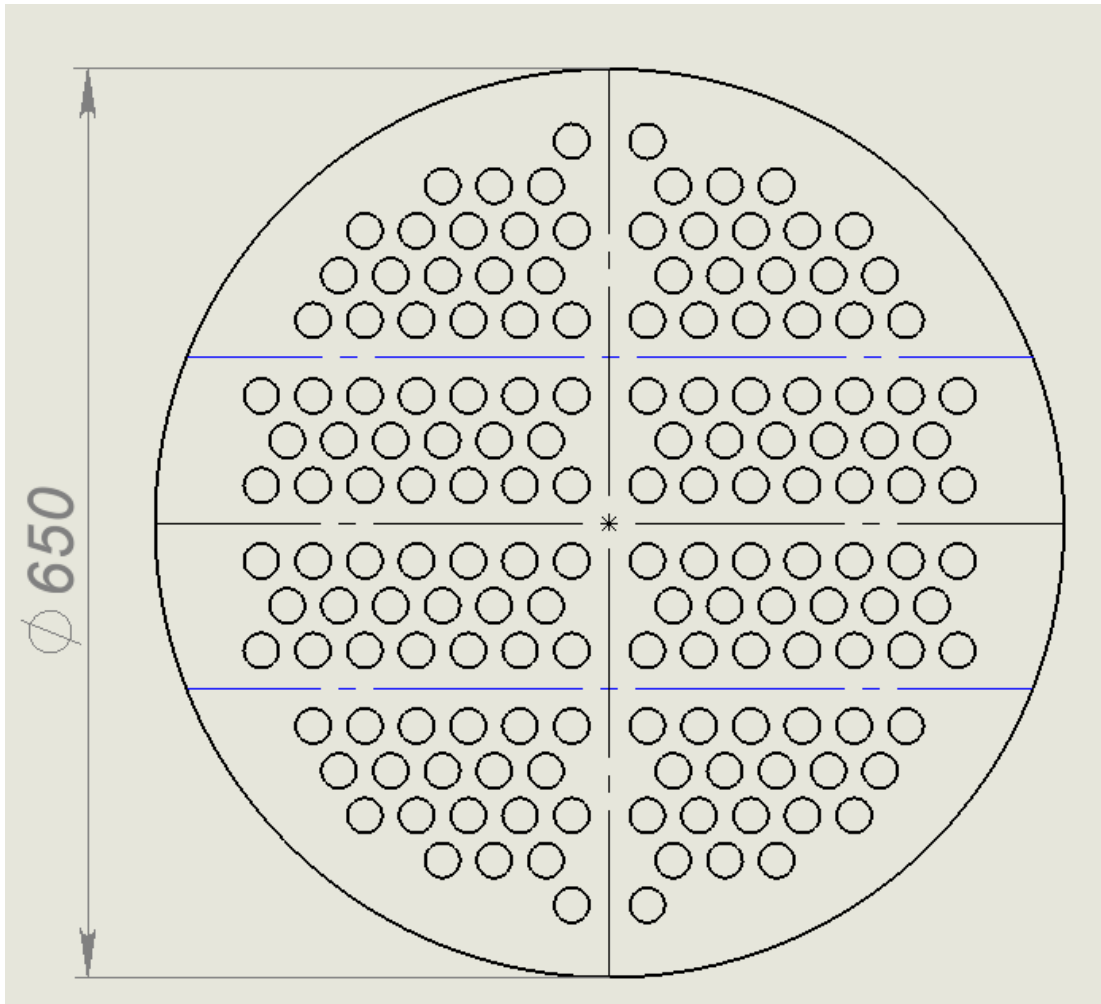
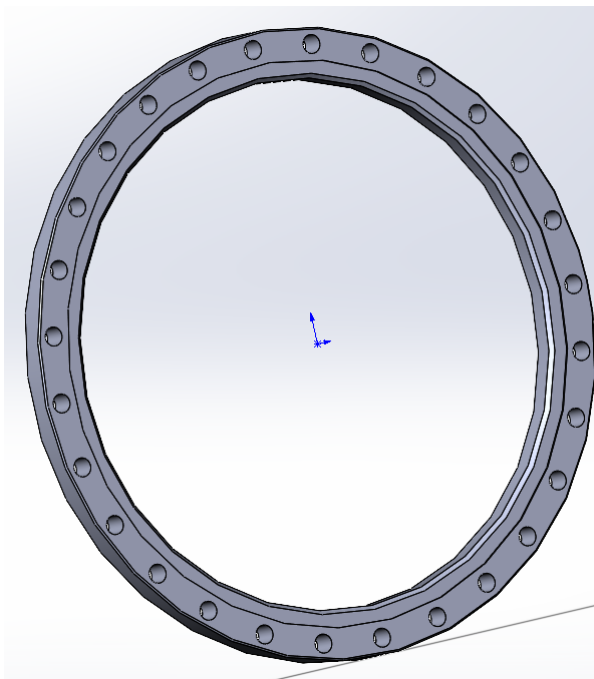
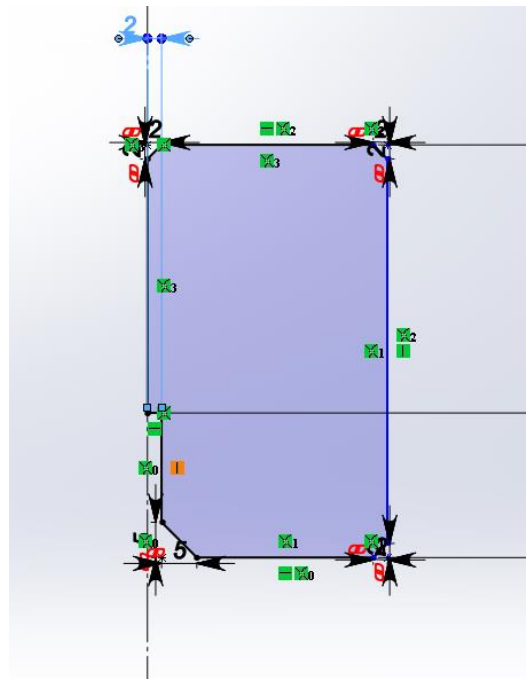


Рисунок 5.7 – Рорванд теплообмінника



а



б

Рисунок 5.8 – Фланець коробок: загальний вигляд 3D моделі а), ескіз фланця б)

Створимо кришки для теплообмінника, оскільки кришка також виготовлена із чорної сталі, як і фланці, то для подальшого використання води яка знаходилася в трубах і коробках, футеруємо її нержавіючою сталлю діаметром 654 мм, рис. 4.9.

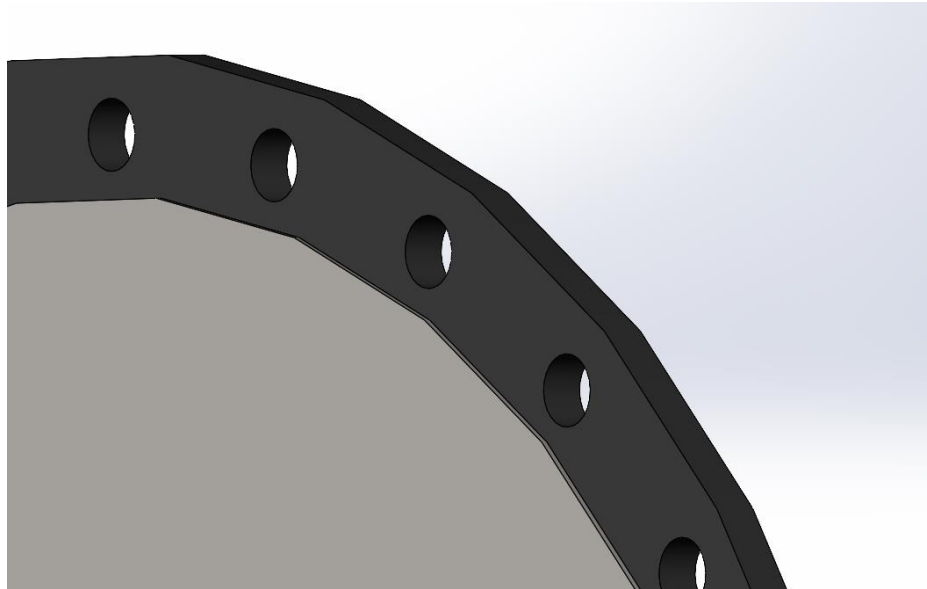


Рисунок 5.9 – футеровка кришки

Для подачі води в коробку використовуємо патрубки із зовнішнім діаметром 219 мм, звідси приймаємо висоту коробок рівну 400 мм, для іншої коробки приймемо висоту рівну 200 мм.

Оскільки висота коробок по 300мм, тоді технологічна висота становитиме 292мм. Для правильного проходу води в обичайку потрібно встановити внутрішні перегородки, ескіз перегородок, рис. 5.10.

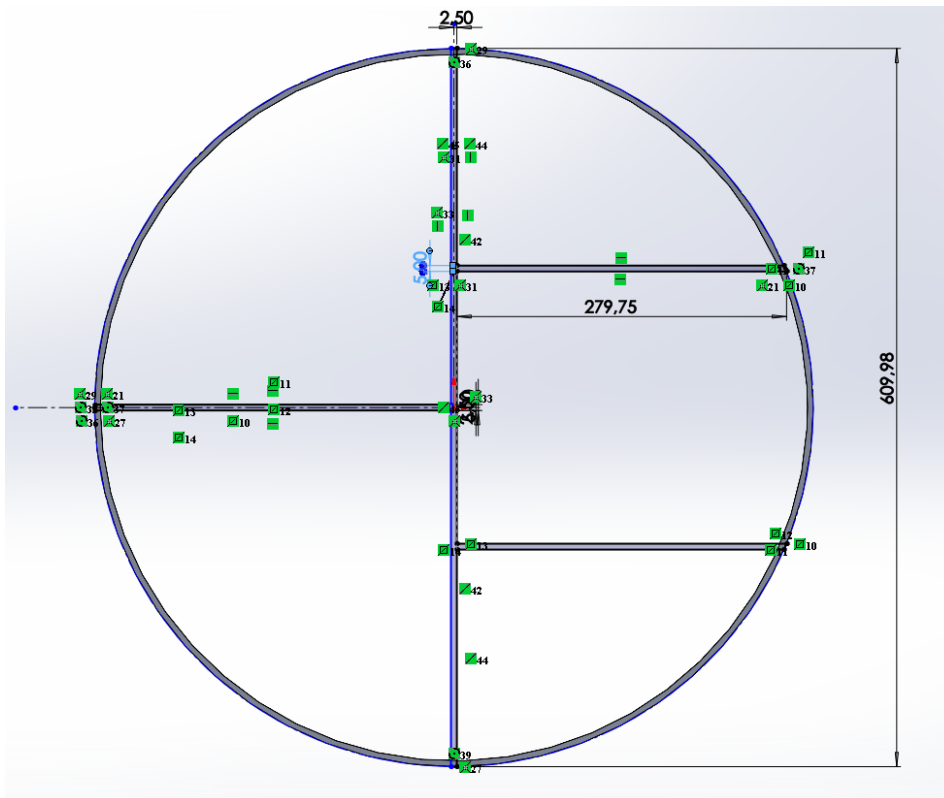


Рисунок 5.10 – Внутрішні перегородки

Для прилягання вхідного/вихідного патрубків додаємо вирізи для них (плями контакту), рис. 5.11.

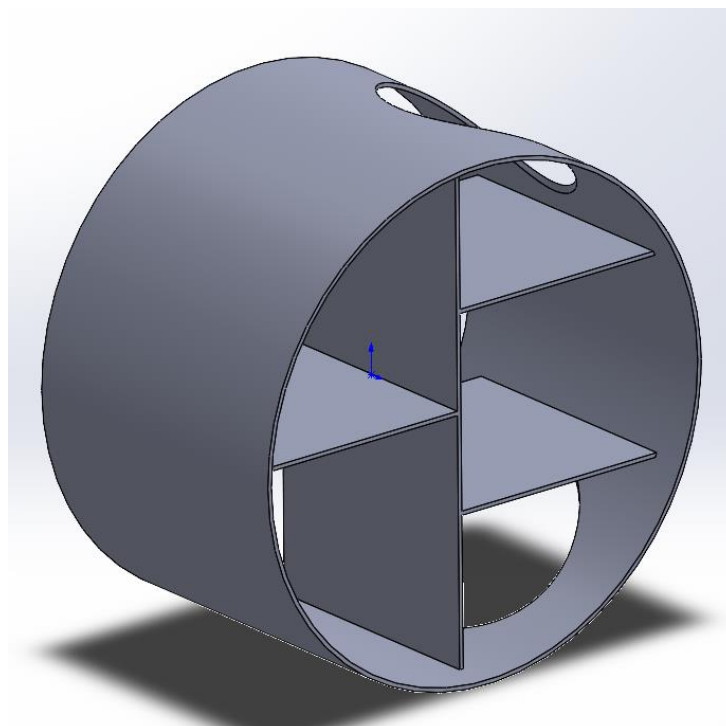


Рисунок 5.11 – Обичайка коробки з перегородками

Перейдемо до складання коробок. Для з'єднання коробки із кришкою і ровандом використовуємо відбортовки і паронітову прокладку, рис. 5.12. Процес з'єднання кришки із фланцем коробки показано на рис. 5.13.

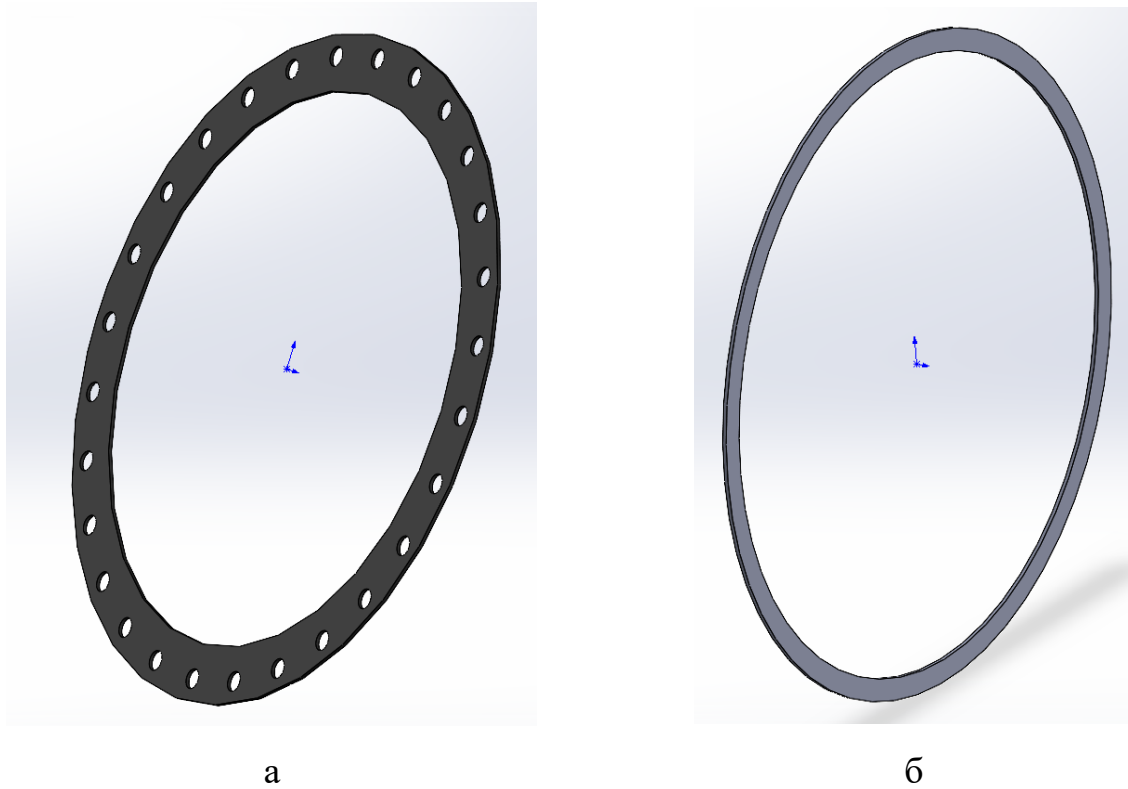


Рисунок 5.12 – Паронітова прокладка а) відбортовка б)

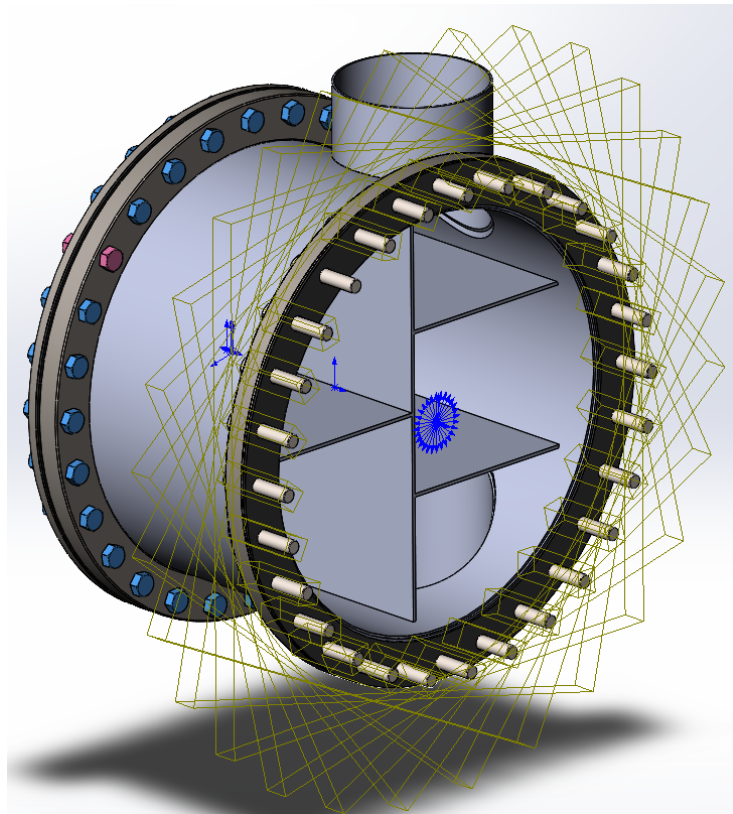


Рисунок 5.13 – процес з'єднання

Готові водянні коробки: показані на рис. 5.13.

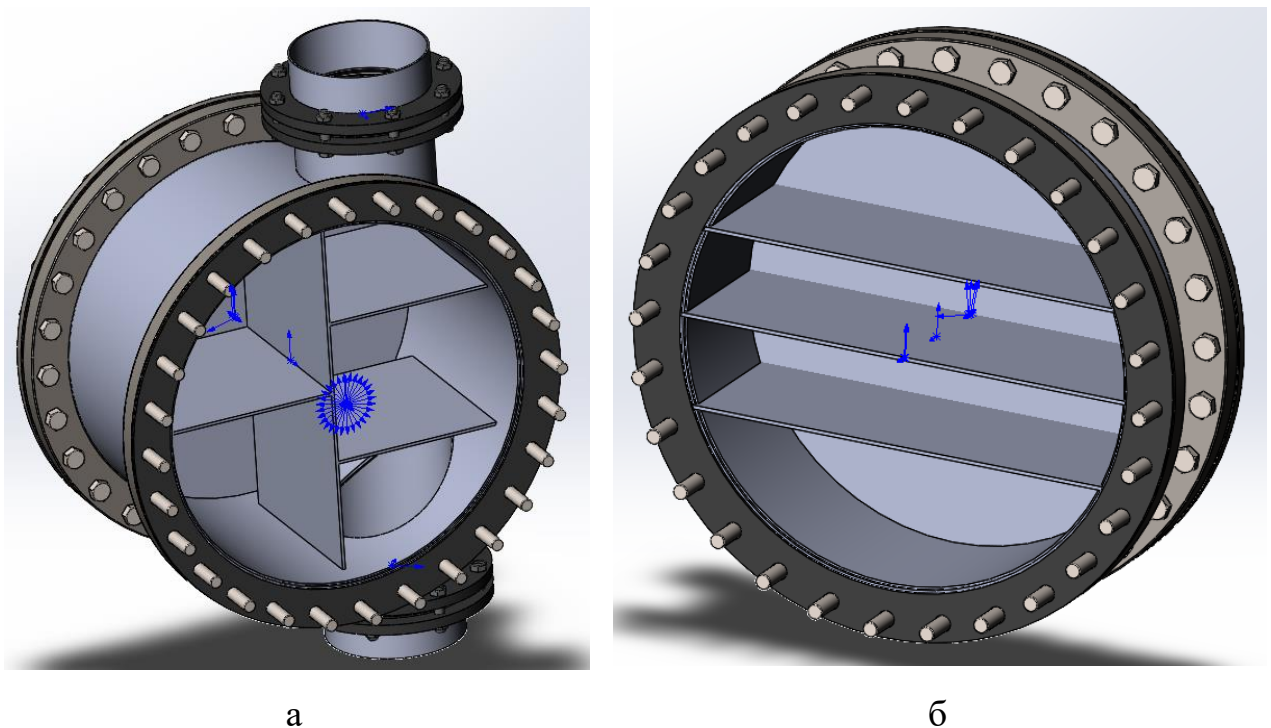


Рисунок 5.13 – Готова водяна коробка вхідна а) «глуха» б) кожухотрубного теплообмінника

Прив'язки, які використовувалися при «складанні» коробок, рис. 5.14.

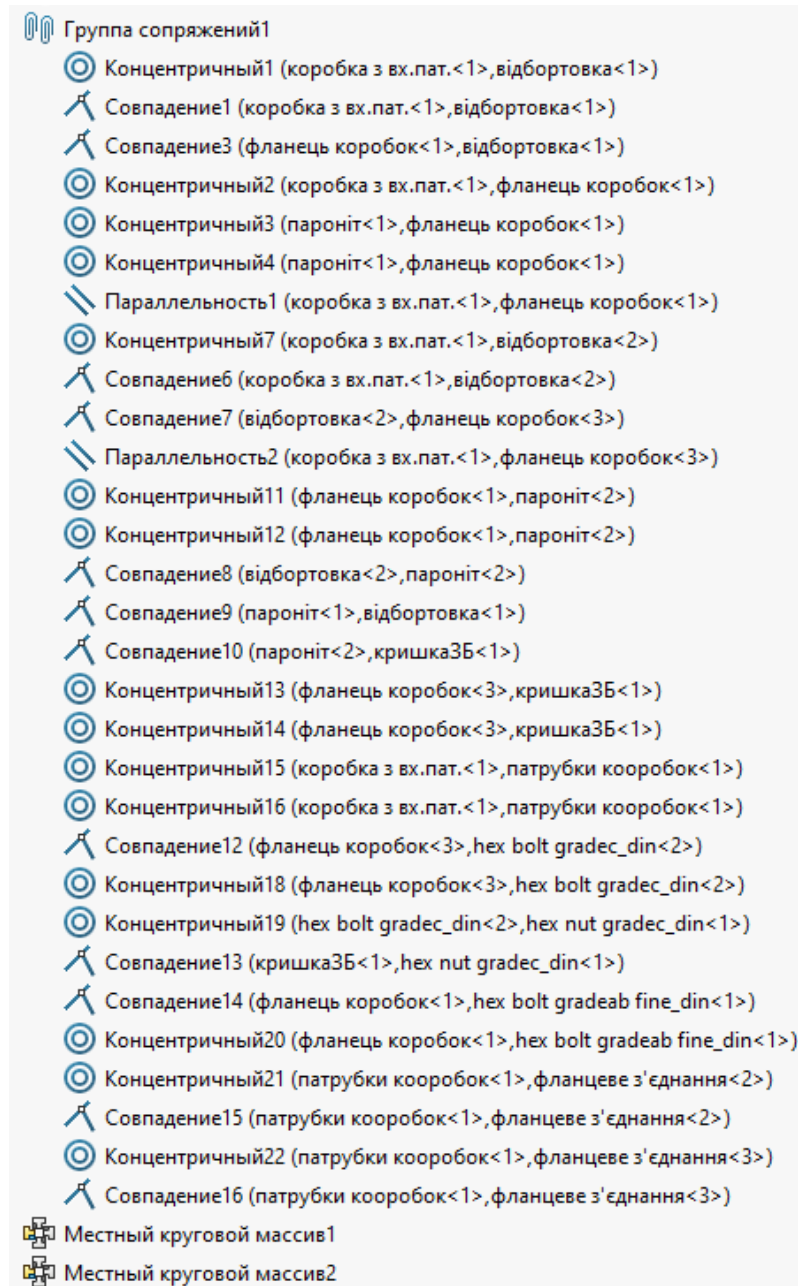


Рисунок 5.14 – Прив'язки моделі

5.4 Висновки

Створена імітаційна модель для подальшого дослідження теплообмінних процесів.

Під час створення моделі прийнято наступні спрощення, кожух теплообмінника суцільний (не містить зварних швів).

РОЗДІЛ 6 ВПЛИВ З'ЄДНАННЯ КОРПУС-ПАТРУБОК НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕПЛООБМІНУ

6.1 Загальні відомості

Процес моделювання потоку в корпусі теплообмінника проводився за допомогою SOLIDWORKS Flow Simulation, інструмент загального призначення для моделювання потоків рідини та теплообміну, який інтегрований у SOLIDWORKS 3D CAD. Цей потужний інструмент для тривимірного моделювання підтримує симуляцію низькошвидкісних та надзвукових потоків, забезпечуючи паралельне проектування та дозволяючи кожному інженеру змінити аналіз потоку рідини та теплообміну, рис. 6.1. Крім SOLIDWORKS Flow Simulation проектувальники можуть моделювати ефекти вентиляторів і компонентів, що обертаються в потоці, а також нагріву та охолодження компонентів.

SolidWorks Flow Simulation дозволяє моделювати течії рідин і газів, управління розрахунковою сіткою, використання типових фізичних моделей рідин і газів, комплексний тепловий розрахунок, газо- та гідродинамічні та теплові моделі технічних пристроїв, нединамічний та нестационарний аналіз, розрахунок об'єктів, що обертаються, експорт результатів у SolidWorks Simulation.

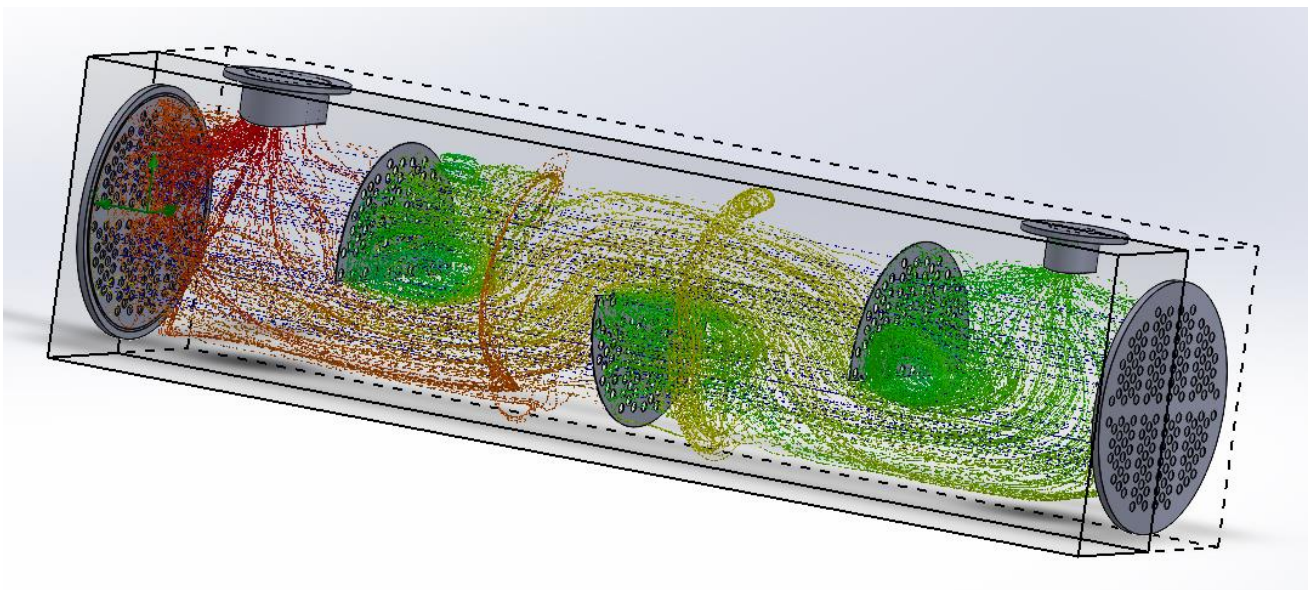


Рисунок 6.1 – результат моделювання потоку

6.2 Введення початкових даних у модулі Flow Simulation

При створенні нового проекту необхідно задати початкові умови моделі, матеріали поверхонь, види рідин або газів, які використовуються в дослідженні [7, 11, 12]. Для цього необхідно використати команду «Общие настройки». Для даного дослідження, на прикладі теплообмінника з однією перегородкою, необхідно вибрати такі параметри: внутрішній вид задачі, теплопровідність в твердих тілах, дію сили тяжіння, вибрати досліджувані потоки (вода в трубному просторі, пар в міжтрубному), адіабатний процес, нормальні умови (тиск 0,1 МПа, температура 20°C), рис. 6.1.

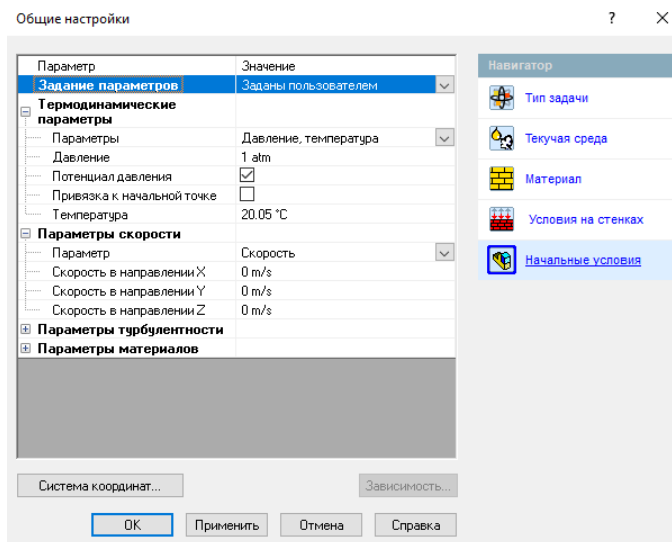


Рисунок 6.1 – Задання початкових умов

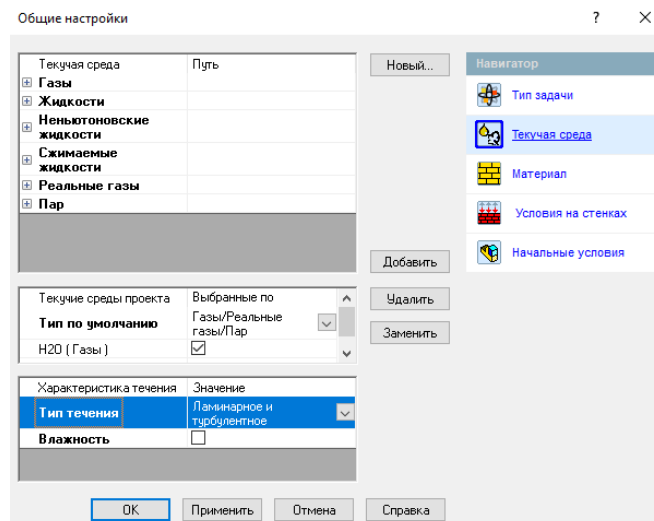


Рисунок 6.2 – Задання потоків для дослідження

Далі необхідно вказати області потоку за допомогою команди «Подобласть течения» з вказанням необхідних початкових параметрів швидкості, температури, тиску, що зображено на рис 6.3 та рис. 6.4.

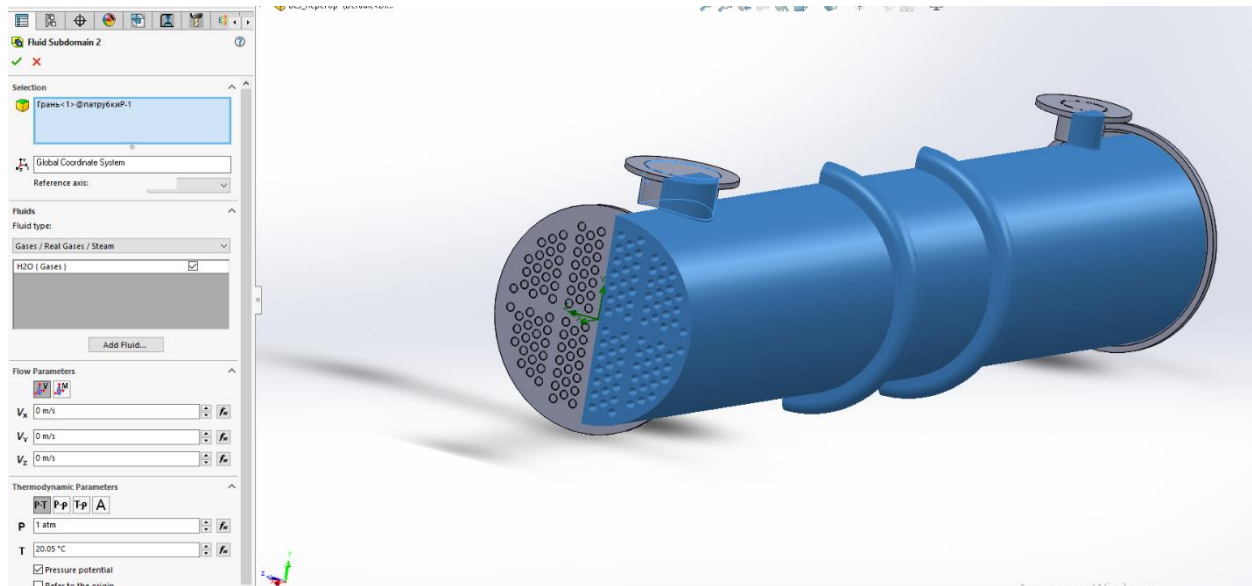


Рисунок 6.3 – Область потоку пару в міжтрубному просторі

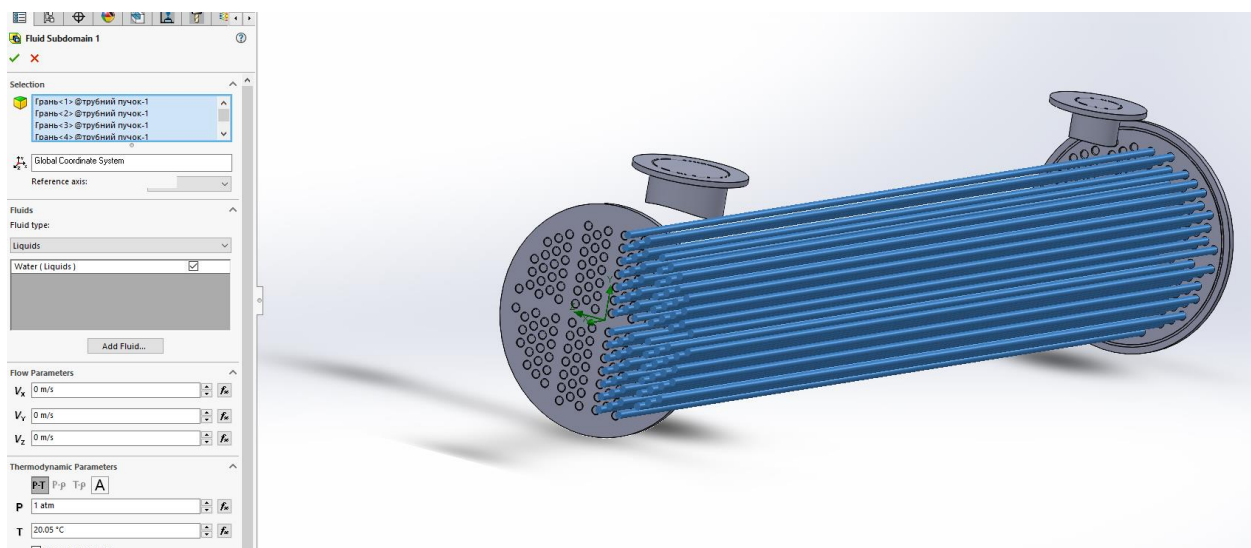


Рисунок 6.4 – Область потоку води у трубному просторі

Для розрахунку потоку після визначення даних потоку та початкових умов необхідно вказати граничні умови на відповідні поверхні за допомогою команди «Граничные условия». Задаємо початкові значення розрахунку теплообмінника (подачі рідини і пару, тиск, температуру): масова подача пару 1,57 кг/с, температура пару 204°C, тиск 0,56 МПа, об'ємна подача рідини в труби $0,0139 \text{ м}^3/\text{с}$,

рис 6.5 та рис. 6.6. Для економії обчислювальної потужності ЕОМ досліджувану область необхідно розділити на дві частини: значення подачі пару у міжтрубний простір та рідини в труби зменшено вдвоє.

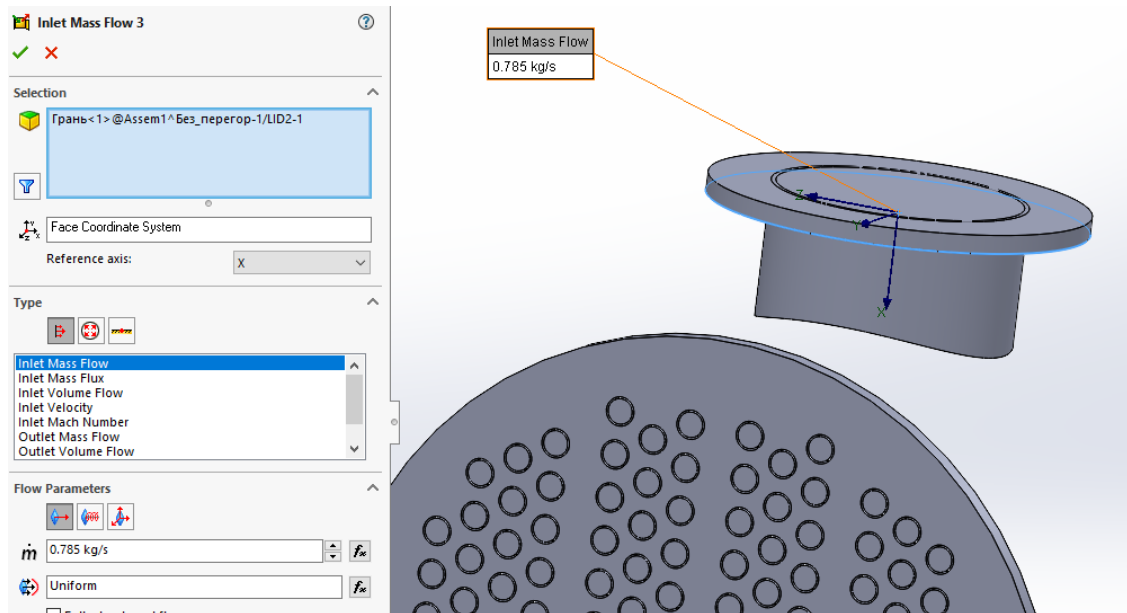


Рисунок 6.5 – Вказання масової подачі пару на вхідний патрубок

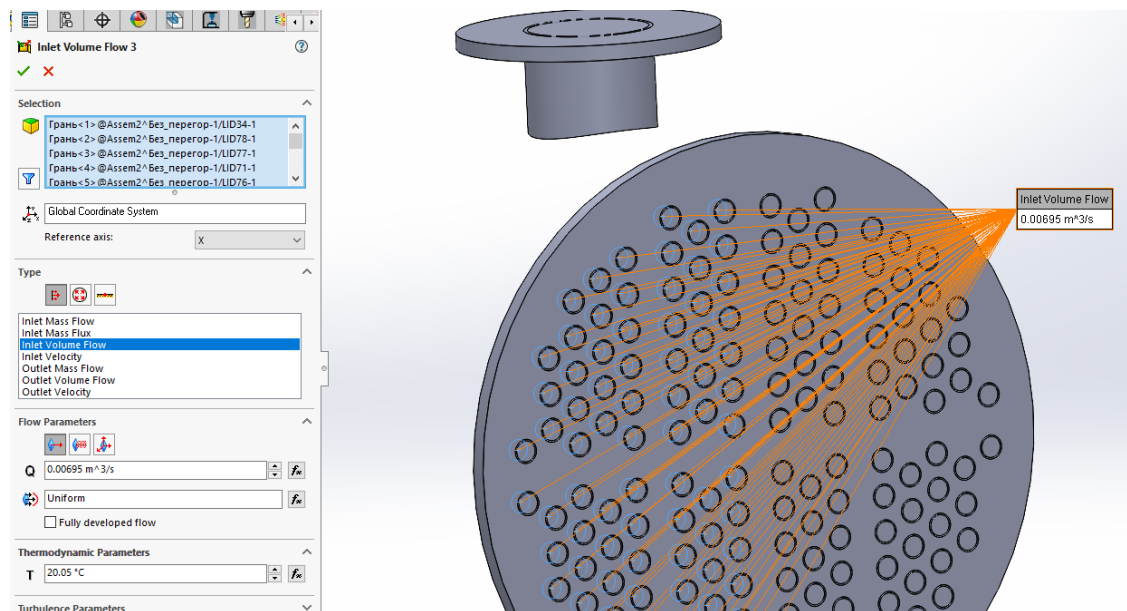


Рисунок 6.6 – Вказання об'ємної подачі води в трубний простір

Після цього необхідно вибрати цілі для розрахунку та створити сітку, рис 6.7.

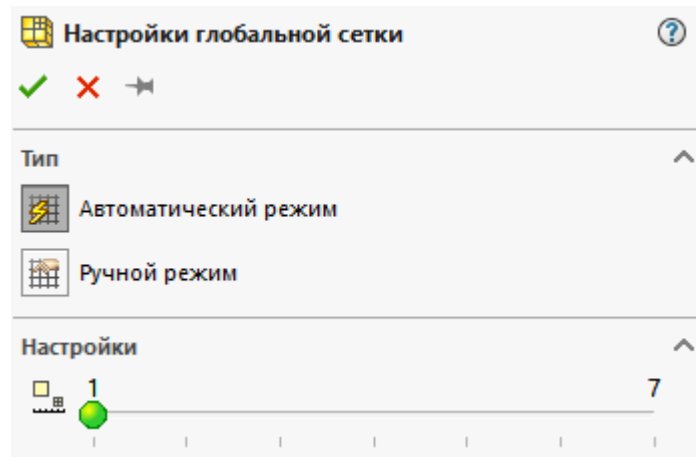


Рисунок 6.7 – Панель створення розрахункової сітки

6.3 Аналіз моделювання процесу теплообміну

Під час моделювання було виявлено проблему, яка виникає на початкових ітераціях: практично відсутня турбуленція, рис. 6.8 а, що негативно впливає на теплообмін, рис. 6.8 б.

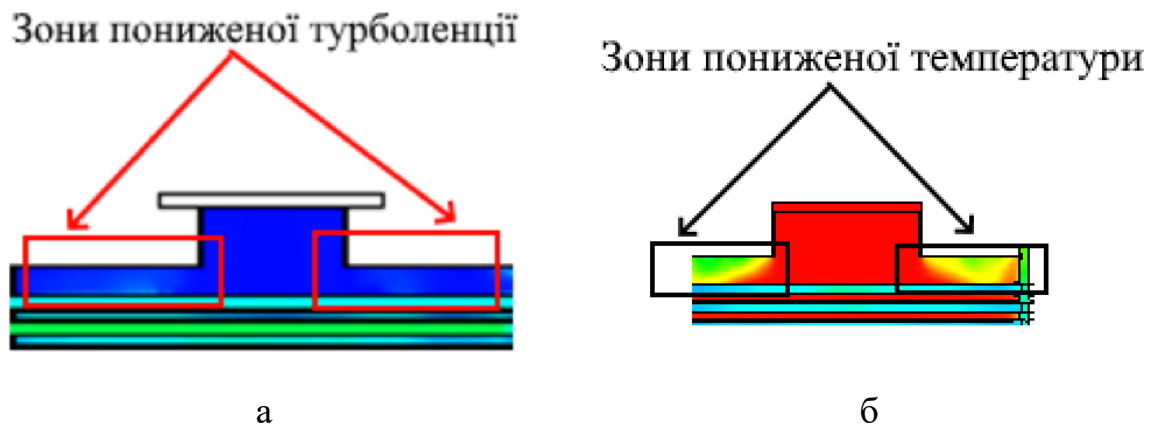


Рисунок 6.8 – Зони з недоліками прямих патрубків

Взявши до уваги недоліки «прямих» патрубків було запропоновані наступні форми: перехід корпус-конус, рис. 6.9 а, корпус-парабола, рис. 6.9 б.

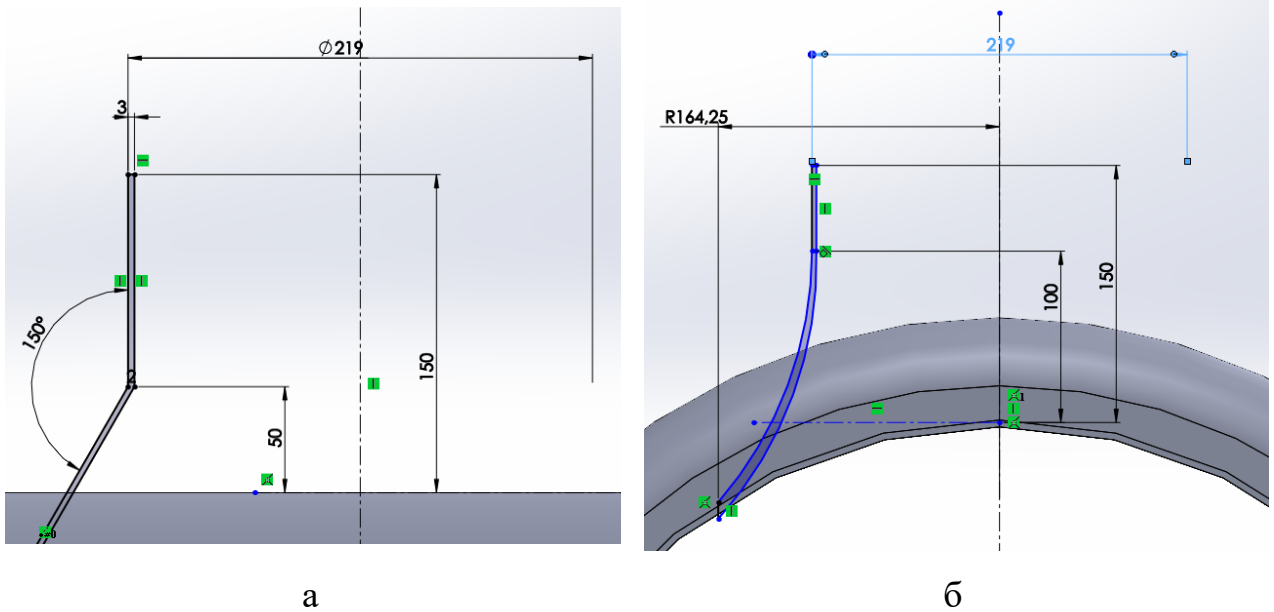


Рисунок 6.9 – Ескізи патрубків, які запропоновані для розгляду

При наступних моделюваннях результати були наступними: зони пониженої турбулентності стали меншими, пар почав активно взаємодіяти із внутрішнім об'ємом, рис 6.10 а, температура навколо з'єднання стала більшою, рис. 6.10 б.

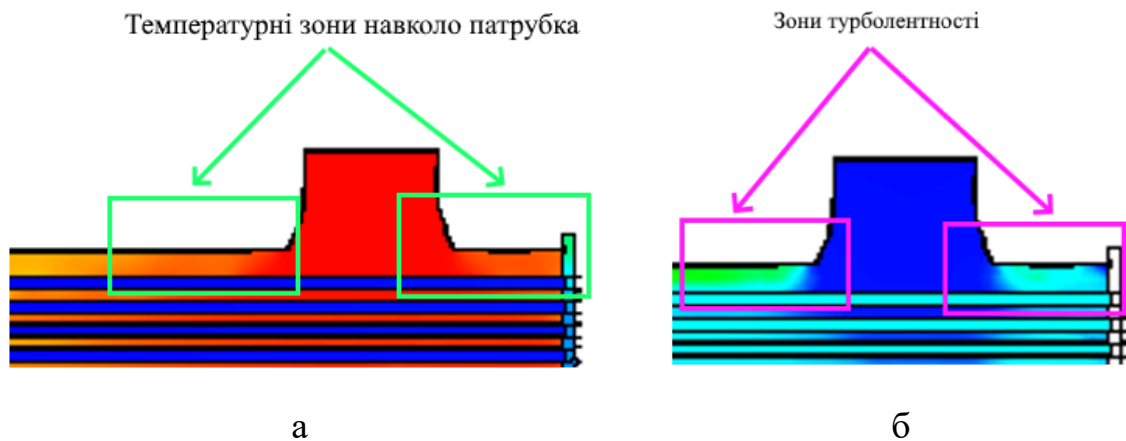


Рисунок 6.10 – Зони при з'єднанні корпус-парабола

Для кількісних показників, покажемо за допомогою інструменту «Зондирование», покажемо температуру в критичних точках, та на виході, рис. 6.11.

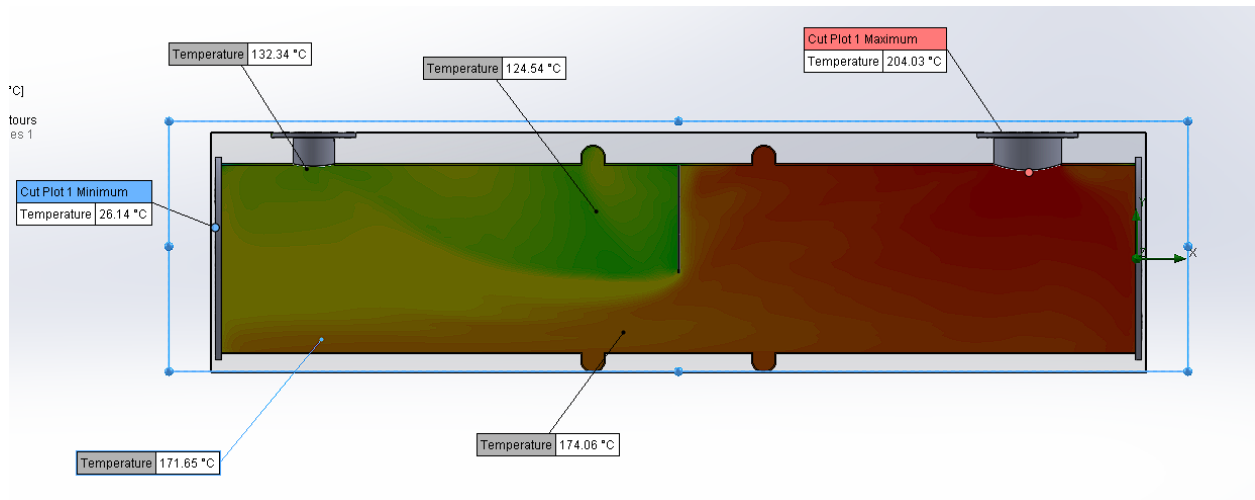


Рисунок 6.11 – Температури в критичних точках з’єднання при «прямих» патрубках

Проведемо дану операцію «Зондирование» для всіх з’єднань: корпус-конус, -парабола, та зведемо до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Звідні результати «Зондирования»

Форма патрубка	Прямий	Конус	Парабола
Температура на виході, °C	132	127	125

6.4 Висновки

За допомогою програми Flow Simulation змодельовано потік гострого пару в теплообміннику.

За результатами моделювання, найбільш ефективною формою (порівнюючи температуру пару на виході) виявилась параболична форма патрубка, що дозволило зменшити температуру на виході із теплообмінника на 7°C.

РОЗДІЛ 7 ВПЛИВ З'ЄДНАННЯ КОРПУС-ПАТРУБОК НА МІЦНІСТЬ КОРПУСУ

7.1 Загальні відомості

SOLIDWORKS Simulation - це портфель простих у застосуванні інструментів для структурного аналізу, у яких використовується метод кінцевих елементів. Такий аналіз дозволяє прогнозувати поведінку виробу у реальному середовищі шляхом віртуального тестування CAD-моделей. SOLIDWORKS Simulation, рис. 7.1, це зручне віртуальне середовище для моделювання лінійного статичного руху на основі часу та циклічної втоми. У цьому рішенні реалізовано можливість паралельної розробки виробу інженерами кількох суміжних дисциплін, що дозволяє перевірити функціональність та довговічність виробів на етапі проектування

Основні можливості, які надає SOLIDWORKS Simulation: параметричні дослідження, дослідження втоми, кінематичний аналіз, моделювання методом кінцевих елементів (FEA), навантаження та обмеження, з'єднання складання, паралельні обчислення, результати, інформація та підтримка, лінійний статичний аналіз, а також термічний аналіз, дослідження частот, дослідження стійкості, дослідження ємностей високого тиску.

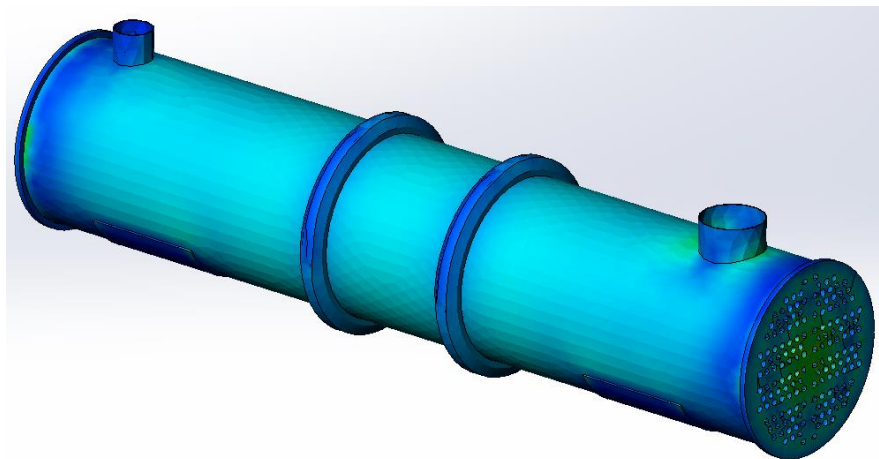


Рисунок 7.1 – Напруження в теплообміннику

7.2 Задання вхідних даних

Для статичного аналізу використаємо готову модель теплообмінної частини теплообмінника, але він буде дещо спрощений для розрахунків, в ньому буде відсутній трубний пучок, рис. 7.2. В якості базової моделі було взято модель із «прямими» патрубками.

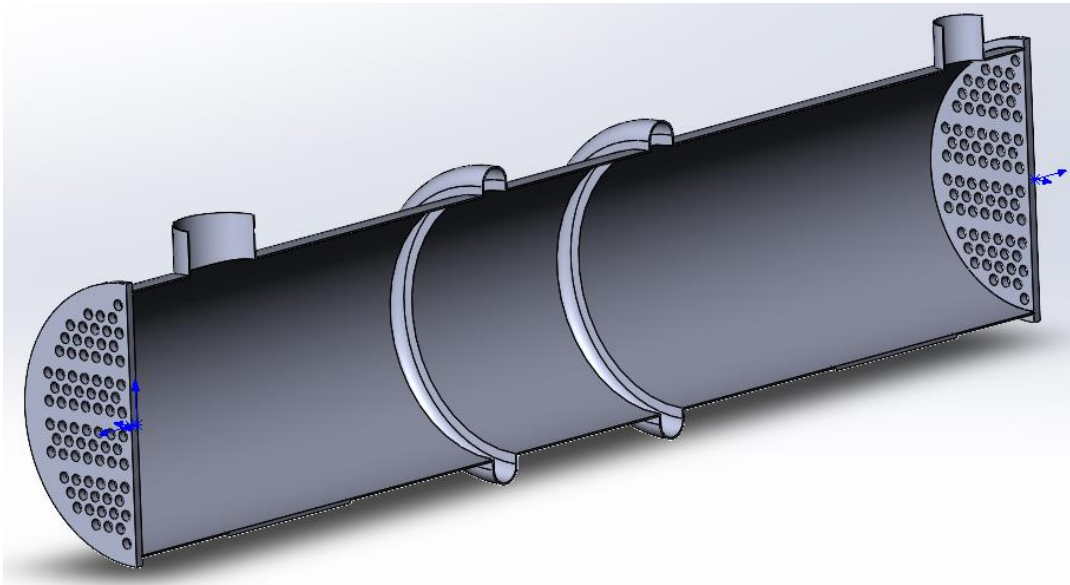


Рисунок 7.2 – Спрощена модель теплообмінника

При статичному аналізі потрібно задавати закріплення моделі [13], для цього були використані підкладки із сідлових опор, рис. 7.3.

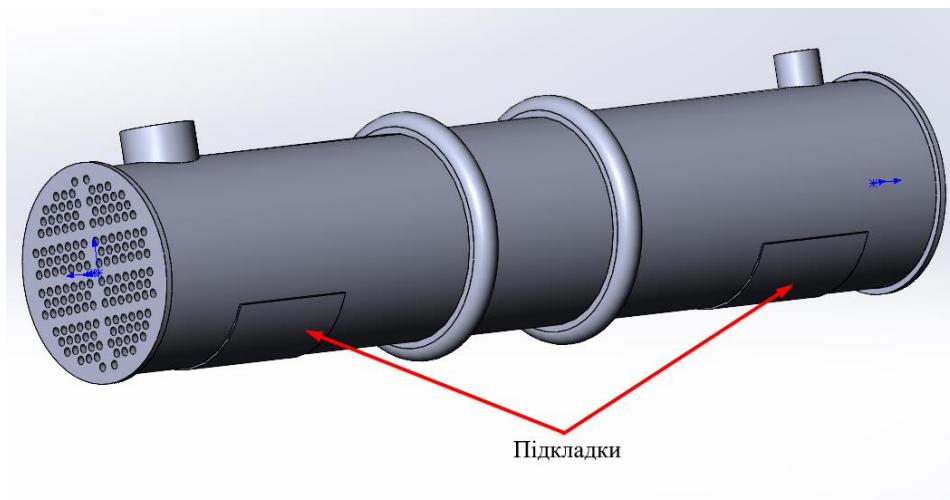


Рисунок 7.3 – Підкладки

Перейшовши в модуль Simulation створимо нове статичне дослідження, рис. 7.4.

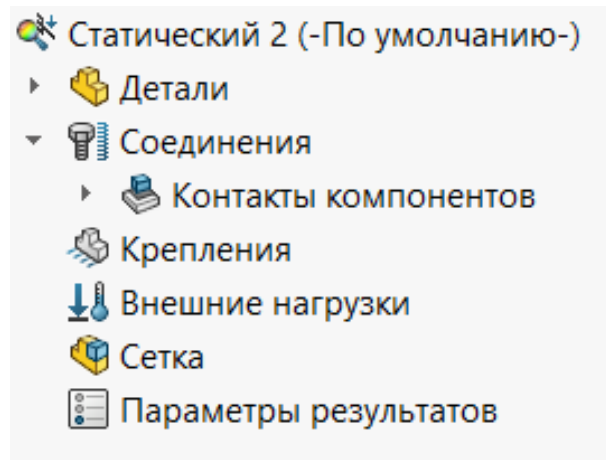


Рисунок 7.4 – Дерево дослідження

Перш ніж розпочати дослідження модель потрібно задати матеріал теплообмінника. Теплообмінники виготовляються повністю із нержавіючої сталі, винятком можуть бути водяні коробки, Сталь 08X18H10, оскільки в стандартних бібліотеках матеріалів відсутня дана сталь, то використаємо її закордонний аналог AISI 304, рис. 7.5.

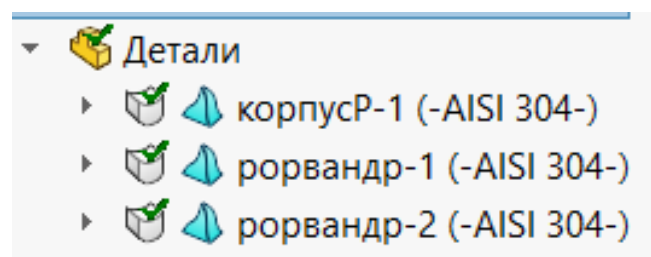


Рисунок 7.5 – Матеріал моделі

Наступним пунктом буде вибір кріплення, виберемо фіксовану геометрію, рис. 7.6.

Після вибору кріплення перейдемо до навантаження теплообмінника, в міжтрубному просторі встановлений тиск 0,56 МПа і температура на вході 204°C,

тож задамо їх. Для того, щоб їх задати потрібно «розрізати» саму модель, рис. 7.7.

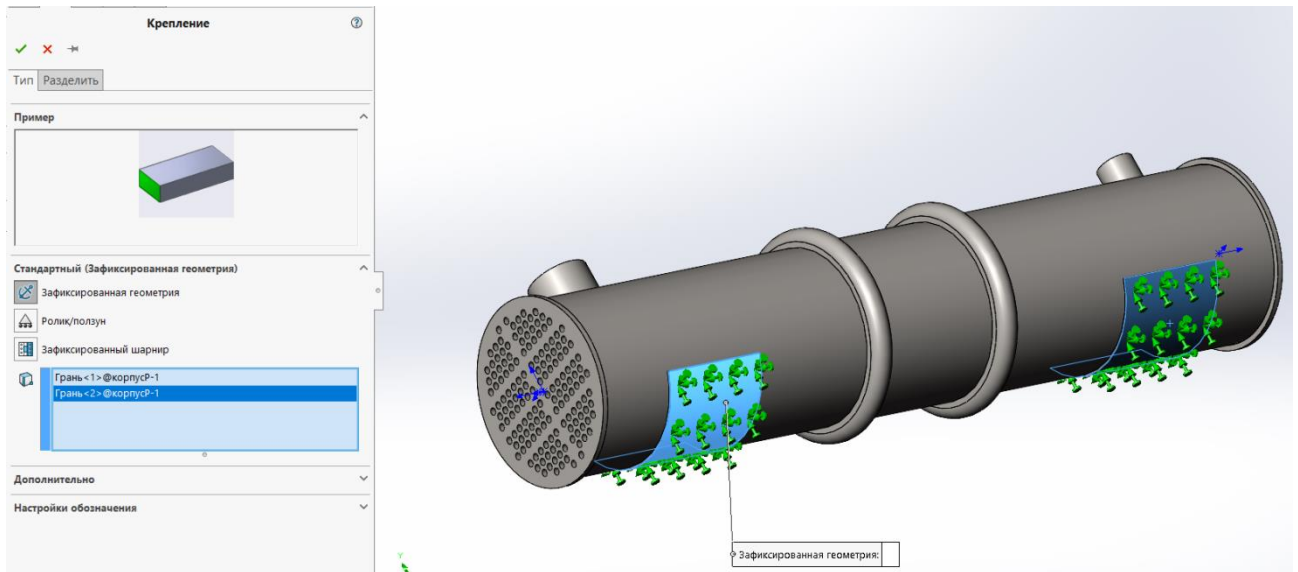


Рисунок 7.6 – Фіксація моделі

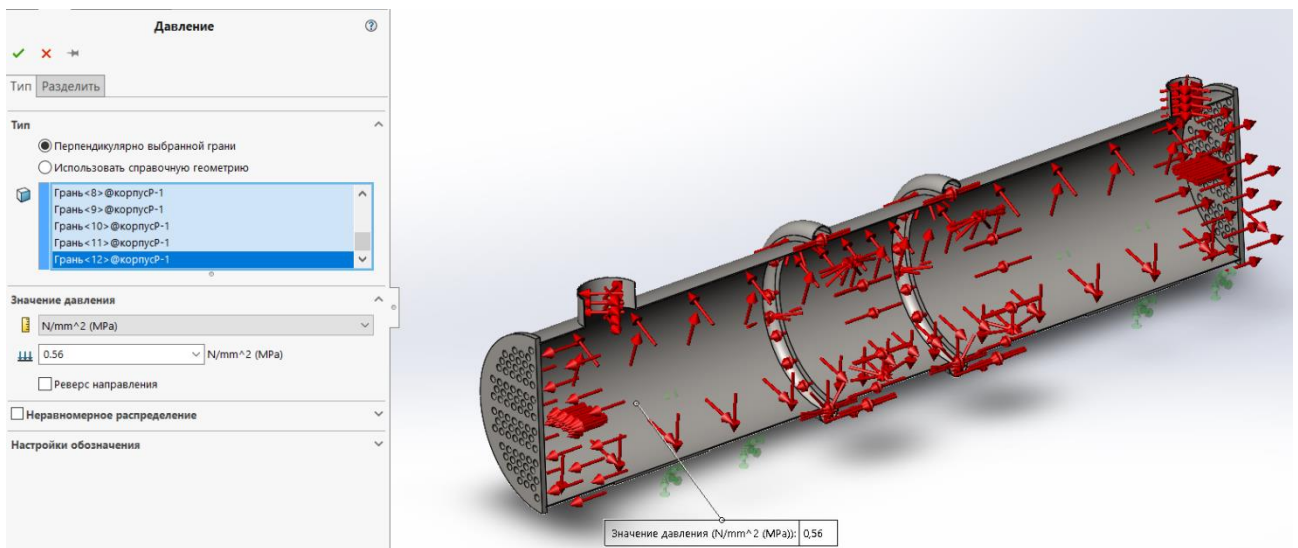


Рисунок 7.7 – Модель під тиском

Таким же чином додаємо внутрішню температуру в корпус, а на рорванди зі сторони водяних коробок діє тиск в 0,15 МПа і температура 90°C. Для більшої точності і візуалізації додаємо силу тяжіння і параметри навколишнього середовища, які діють на корпус, а саме тиск 0,1 МПа і температура 20°C, рис. 7.8. Дереву дослідження із всіма видами навантажень показано на рис. 7.9.

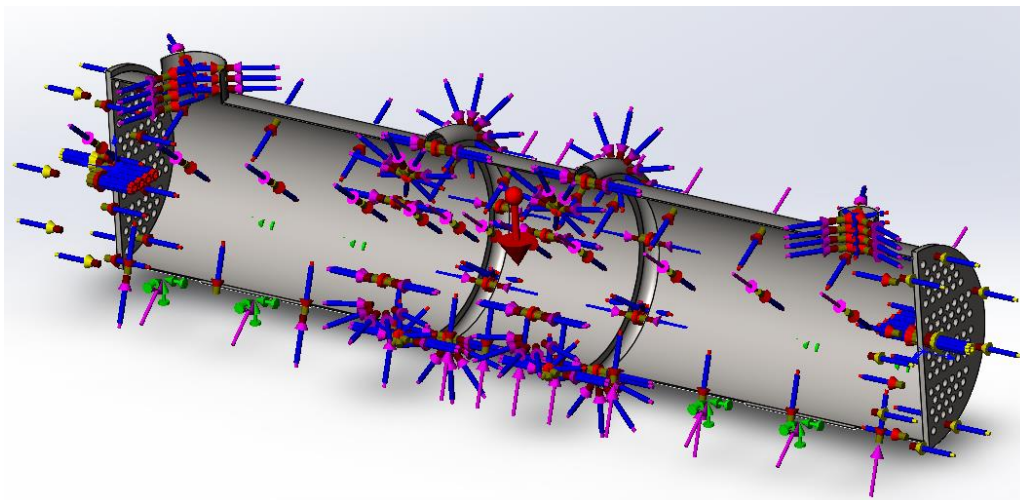


Рисунок 7.8 – Модель під повним навантаженням



Рисунок 7.9 – Зовнішні навантаження

Після вибору матеріалу і зовнішніх навантажень можна перейти до створення сітки. Для зменшення часу для побудови сітки використовуємо наступну її конфігурацію, рис. 7.10

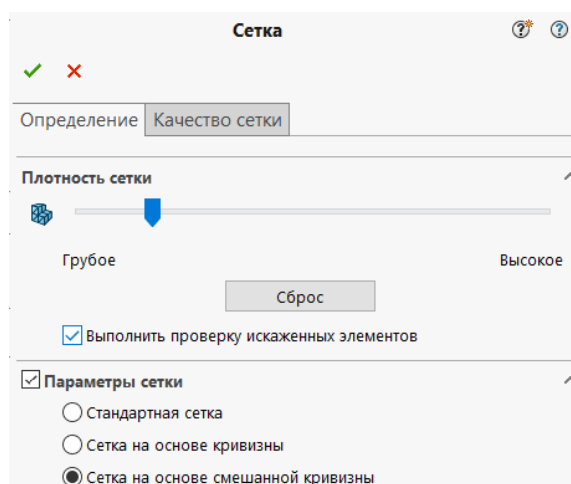


Рисунок 7.10 – Параметри сітки

Хід створення сітки, рис. 7.11, та готова сітка, рис. 7.12

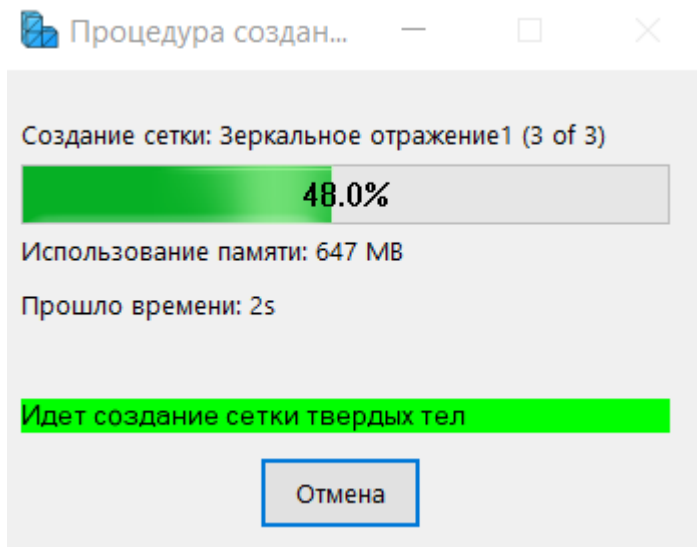


Рисунок 7.11 – Процедура створення сітки

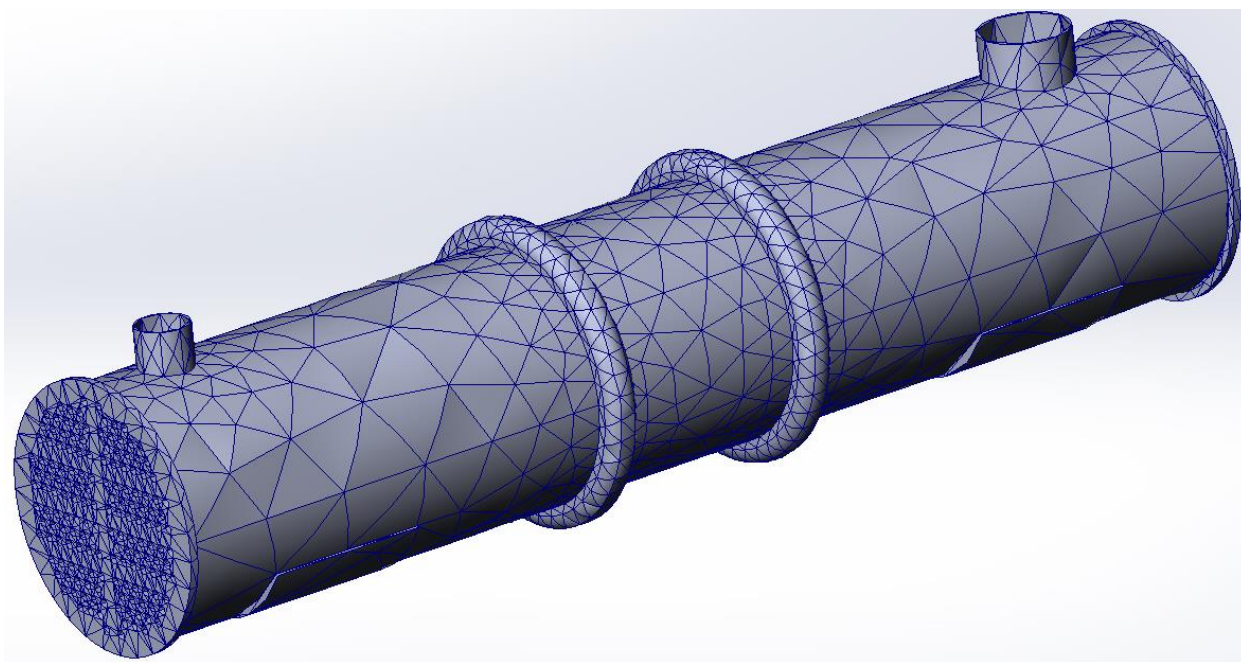


Рисунок 7.12 – Сітка моделі

7.3 Моделювання процесу

Після виконання вище наведених пунктів запускаємо дане дослідження, хід виконання, рис. 7.13, результат наведено на рис. 7.14.

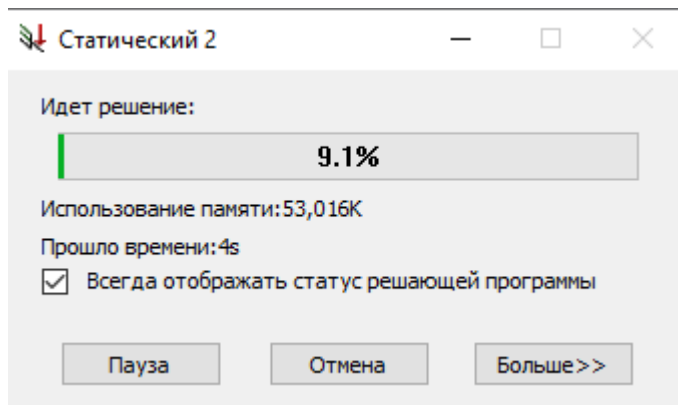


Рисунок 7.13 – Хід розрахунку

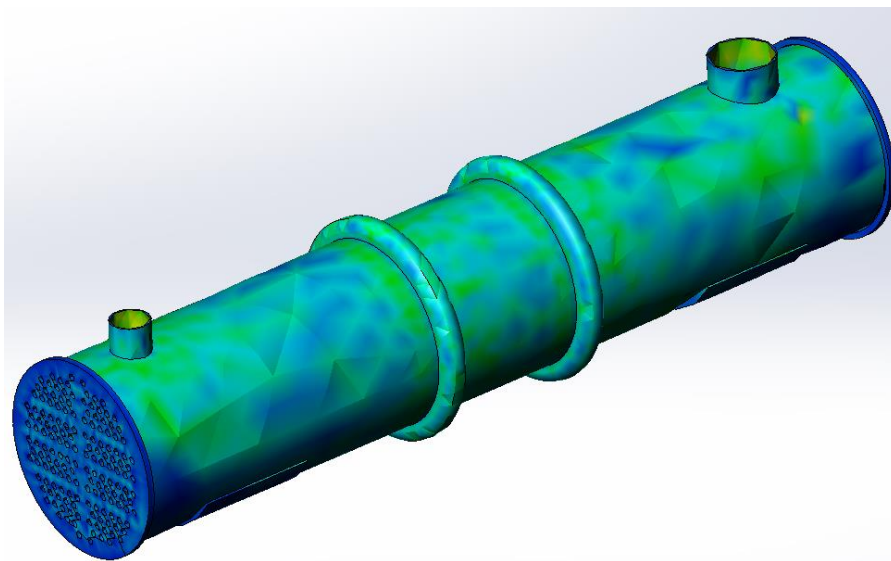


Рисунок 7.14 – Результат моделювання

Далі за допомогою команди «зондирование» відмітимо точки по довжині дуги патрубка, рис. 7.15, таким чином ми отримаємо напруження, які виникають на границі з'єднання корпусу і патрубка.

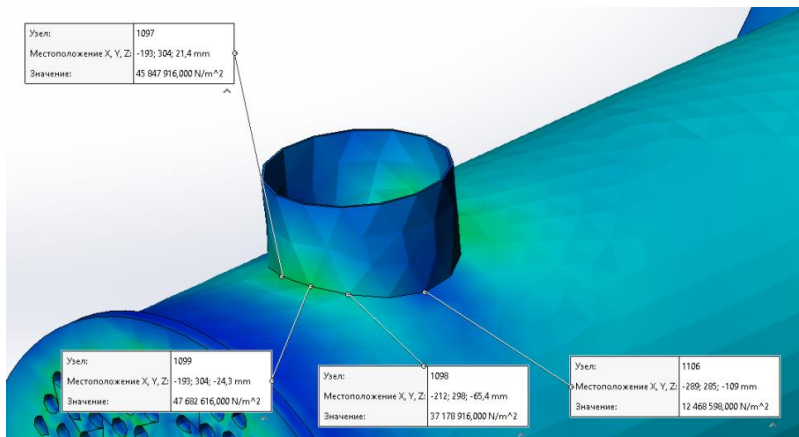


Рисунок 7.15 – Напруження в з'єднанні

Дане дослідження було проведено для прямих патрубків, такі ж дослідження проведемо для патрубків із різними типами переходів: конус, рис. 7.16, та патрубков складної форми, парабола, рис. 7.17.

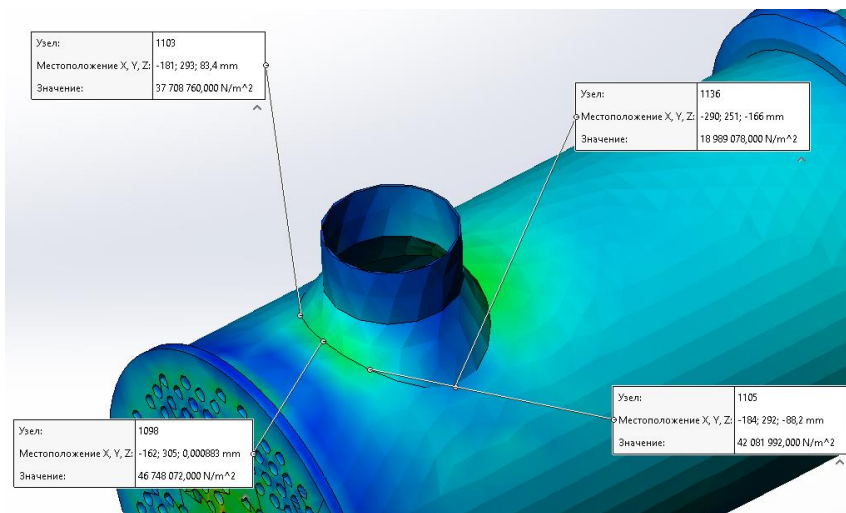


Рисунок 7.16 – Напруження при переході – конус

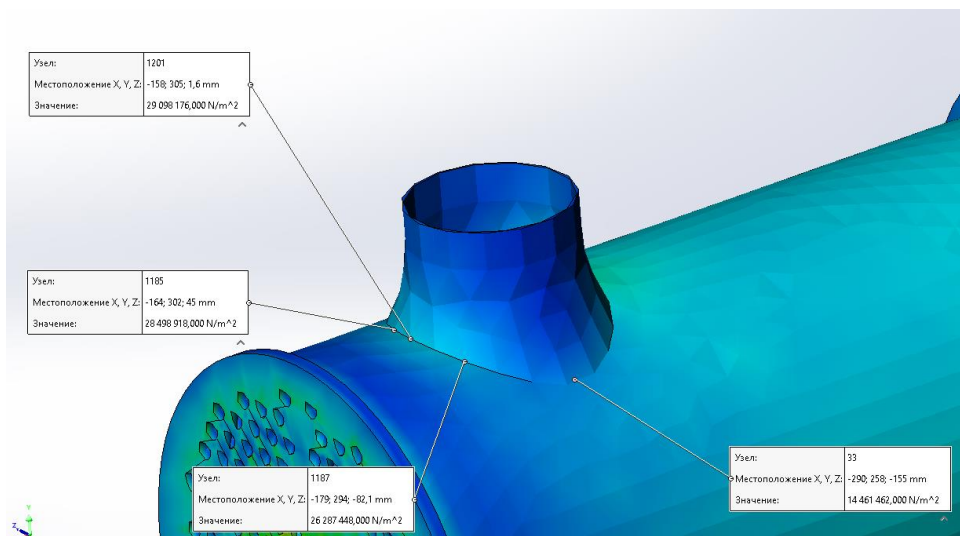


Рисунок 7.17 – Напруження при переході – парабола

Дані при всіх трьох розрахунках зведемо до табл. 7.1, в якій відобразимо максимальні напруження в залежності від форми патрубка.

Таблиця 7.1 – Вплив форми на напруження

Форма патрубка	Прямий	Конус	Парабола
σ_{\max} , МПа	47,68	46,75	29,1

Також виконаємо дані маніпуляції для епюри деформації, рис. 7.18.

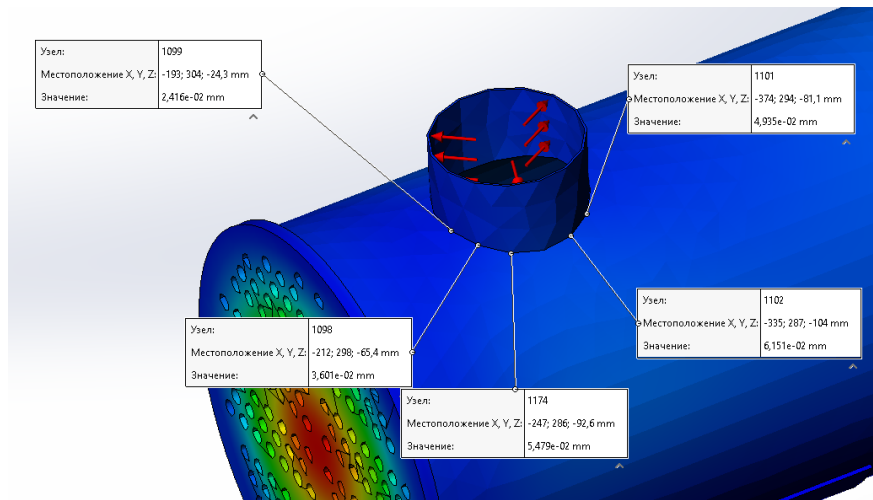


Рисунок 7.18 – Переміщення при прямому переході

Дані при всіх трьох розрахунках зведемо до табл. 7.2, в якій відобразимо максимальні переміщення в залежності від форми патрубка.

Таблиця 7.2 – Вплив форми на переміщення

Форма патрубка	Прямий	Конус	Парабола
Δ_{\max} , мм	$6,1 \cdot 10^{-2}$	$9,2 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-2}$

7.3 Висновки

В процесі порівняння патрубків наведених в розділі 6, по напруженням найменші значення отримані при формі патрубка парабола, а по переміщенням прямий патрубок.

Взявши до уваги сукупність факторів таких як внутрішні напруження з'єднання, переміщення і головний критерій це температура пару на виході із теплообмінника виявився патрубок із параболічною формою, незважаючи на те, що вона є і найменш технологічною.

РОЗДІЛ 8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Виконання науково-дослідної роботи завжди передбачає отримання певних результатів і вимагає відповідних витрат. Результати виконаної роботи завжди дають нам нові знання, які в подальшому можуть бути використані для удосконалення та/або розробки (побудови) нових, більш продуктивних зразків техніки, процесів та програмного забезпечення.

Дослідження на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» може бути віднесено до фундаментальних і пошукових наукових досліджень і спрямоване на вирішення наукових проблем, пов'язаних з практичним застосуванням і є частиною комплексного дослідження за напрямом «Покращення техніко-економічних характеристик кожухотрубного теплообмінника». Основою таких досліджень є науковий ефект, який виражається в отриманні наукових результатів, які збільшують обсяг знань про природу, техніку та суспільство, які розвивають теоретичну базу в тому чи іншому науковому напрямку, що дозволяє виявити нові закономірності, які можуть використовуватися на практиці.

Для цього випадку виконаємо такі етапи робіт:

- 1) здійснимо проведення наукового аудиту досліджень, тобто встановлення їх наукового рівня та значимості;
- 2) проведемо планування витрат на проведення наукових досліджень;
- 3) здійснимо розрахунок рівня важливості наукового дослідження та перспективності, визначимо ефективність наукових досліджень.

8.1 Оцінювання наукового ефекту

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР на тему

«Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведені в табл. 8.1 та 8.2.

Таблиця 8.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи виставлені експертами

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення ступеня новизни, бали		
		Експерти (ПІБ, посада)		
1	2	3	4	5
		1	2	3
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в даній галузі науки і техніки. Отримані принципово нові факти, закономірності; розроблена нова теорія. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	0	0	0
Нова	Отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (по-новому або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	55	58	57

Продовження таблиці 8.1

1	2	3	4	5
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок (або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі відомі положення розповсюджені на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблені більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведена часткова раціональна модифікація (з ознаками новизни)	0	0	0
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджені або поставлені під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг в порівнянні з існуючим	0	0	0
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі, та не був відомий авторам	0	0	0
Середнє значення балів експертів		56,7		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів ступінь новизни характеризується як нова, тобто отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних знань (по-новому або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту) та проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів.

Таблиця 8.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи виставлені експертами

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали		
	Експерт (ПШБ, посада)		
	1	2	3
Відкриття закону, розробка теорії	0	0	0
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	0	0	0
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	56	58	55
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	0	0	0
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	0	0	0
Середнє значення балів експертів	56,3		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів рівень теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи характеризується як розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини.

Показник, який характеризує рівень наукового ефекту, визначаємо за формулою 8.1[14]:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (8.1)$$

де $k_{\text{нов}}$, $k_{\text{теор}}$ - показники ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, $k_{\text{нов}} = 56,7$, $k_{\text{теор}} = 56,3$ балів;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}} = 0,6 \cdot 56,7 + 0,4 \cdot 56,33 = 56,53 \text{ балів.}$$

Визначення характеристики показника $E_{\text{нау}}$ проводиться на основі висновків експертів виходячи з граничних значень, які наведені в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Граничні значення показника наукового ефекту

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Високий	70...100
Середній	50...69
Достатній	15...49
Низький (помилкові дослідження)	1...14

Відповідно до визначеного рівня наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну», даний рівень становить 56,53 балів і відповідає статусу - середній рівень. Тобто у даному випадку можна вести мову про потенційну фактичну ефективність науково-дослідної роботи.

8.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

8.2.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та

додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою 8.2 [14]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p} [\text{грн}], \quad (8.2)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=24$ дні.

$$Z_o = 14200,00 \cdot 16 / 24 = 9466,67 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до табл. 8.4.

Таблиця 8.4 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1	2	3	4	5
Науковий керівник дослідної роботи	14200,00	591,67	16	9466,67

Продовження таблиці 8.4

1	2	3	4	5
Інженер-конструктор 1-ї категорії	14000,00	583,33	16	9333,33
Науковий співробітник	14100,00	587,50	3	1762,50
Лаборант	6850,00	285,42	5	1427,08
Всього				21989,58

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними наймуваннями робіт НДР на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» розраховуємо за формулою 8.3:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i \quad (8.3)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою 8.4:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{3M}}, \quad (8.4)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=6700,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [14];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 24$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_l = 6700,00 \cdot 1,10 \cdot 1,65 / (24 \cdot 8) = 63,34 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{pl} = 63,34 \cdot 5,20 = 329,35 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 8.5 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Переналаштування робочого місця інженера-конструктора	5,20	2	1,10	63,34	329,35
Інсталяція програмного забезпечення математичного моделювання теплообміну	4,25	3	1,35	77,73	330,35
Формування (введення) бази даних дослідження моделі теплообмінника	12,00	4	1,50	86,37	1036,41
Всього					1696,11

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою 8.5:

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (8.5)$$

де $H_{\text{дод}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 11%.

$$Z_{\text{дод}} = (21989,58 + 1696,11) \cdot 11 / 100\% = 2605,43 \text{ (грн.)}$$

8.2.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою 8.6:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \quad (8.6)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (21989,58 + 1696,11 + 2605,43) \cdot 22 / 100\% = 5784,05 \text{ (грн.)}$$

8.2.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну».

Витрати на матеріали на даному етапі проведення досліджень в основному пов'язані з використанням моделей елементів та моделювання роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки та створення експериментальних математичних моделей або програмного забезпечення, тому дані витрати формуються на основі витратних матеріалів характерних для офісних робіт.

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою 8.7:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (8.7)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 2,0 \cdot 270,00 \cdot 1,11 - 0 \cdot 0 = 599,40 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 8.6 – Витрати на матеріали

Найменування ма- теріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна від- ходів, грн/кг	Вартість ви- траченого ма- теріалу, грн
1	2	3	4	5	6
Папір Офісний А4 500	270,00	2,0	0	0	599,40
Папір для записів А4 250	144,00	3,0	0	0	479,52
Картридж для принтера	967,00	1,0	0	0	1073,37
Диск оптичний CD-R	23,00	1,0	0	0	25,53

Продовження таблиці 8.6

1	2	3	4	5	6
Flesh-пам'ять 32 GB	596,00	1,0	0	0	661,56
Всього					3918,30

8.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_e), які використовують при проведенні НДР на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» відсутні.

8.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення. Витрати на спецустаткування на даному етапі досліджень відсутні.

8.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою 8.10:

$$B_{npz} = \sum_{i=1}^k C_{inprz} \cdot C_{npz.i} \cdot K_i, \quad (8.10)$$

де C_{inprz} – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{прз.i}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1,10...1,12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{прз} = 9680,00 \cdot 1 \cdot 1,12 = 10841,60 \text{ (грн.)}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 8.9 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Математичне середовище розробки SOLIDWORKS	1	9680,00	10841,60
Всього			10841,60

8.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою 8.11:

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{г}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (8.11)$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

T_6 – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (8420,00 \cdot 1) / (3 \cdot 12) = 233,89 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 8.10.

Таблиця 8.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
1	2	3	4	5
ОС Windows	8420,00	3	1	233,89
Прикладний пакет Microsoft Office	7350,00	3	1	204,17
Прикладне програмне забезпечення проектування Компас 3D	7690,00	3	1	213,61
Прикладне програмне забезпечення проектування ПАС-САТ	8260,00	3	1	229,44
Приміщення лабораторії досліджень	430000,00	25	1	1433,33
Робоче місце інженера-конструктора	8320,00	7	1	99,05

Продовження таблиці 8.10

1	2	3	4	5
Пристрій виводу графічної інформації (плотер)	12850,00	5	1	214,17
ЕОМ для формування та дослідження моделей теплообміну (КОМП'ЮТЕР VINGA WOLVERINE A5257 (I5M16G1650.A5257))	27890,00	4	1	581,04
Всього				3208,70

8.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (4.12)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 6,25$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,05 \cdot 128,0 \cdot 6,25 \cdot 0,95 / 0,97 = 40,00 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 8.11.

Таблиця 8.11 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Робоче місце інженера-конструктора	0,05	128,0	40,00
Пристрій виводу графічної інформації (плотер)	0,42	12,0	31,50
ЕОМ для формування та дослідження моделей теплообміну (КОМП'ЮТЕР VINGA WOLVERINE A5257 (I5M16G1650.A5257))	0,25	128,0	200,00
Всього			271,50

8.2.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою 8.13:

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (8.13)$$

де H_{cv} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», приймемо $H_{cv} = 20\%$.

$$B_{св} = (21989,58 + 1696,11) \cdot 20 / 100\% = 4737,14 \text{ грн.}$$

8.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою 8.14:

$$B_{сн} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{сн}}{100\%}, \quad (8.14)$$

де $H_{сн}$ – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», прийmemo $H_{сн} = 30\%$.

$$B_{сн} = (21989,58 + 1696,11) \cdot 30 / 100\% = 7105,71 \text{ (грн.)}$$

8.2.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою 8.15:

$$I_{с} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{ис}}{100\%}, \quad (8.15)$$

де $H_{ис}$ – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{ис} = 50\%$.

$$I_{с} = (21989,58 + 1696,11) \cdot 50 / 100\% = 11842,85 \text{ (грн.)}$$

8.2.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою 8.16:

$$B_{нзв} = (З_o + З_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%} \quad (8.16)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo $H_{нзв} = 100\%$.

$$B_{нзв} = (21989,58 + 1696,11) \cdot 100 / 100\% = 23685,69 \text{ (грн.)}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою 8.17:

$$B_{заг} = З_o + З_p + З_{од} + З_n + M + K_в + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_в + B_{нзв}. \quad (8.17)$$

$$B_{заг} = 21989,58 + 1696,11 + 2605,43 + 5784,04573 + 3918,30 + 0,00 + 0,00 + 10841,60 + 3208,70 + 271,50 + 4737,14 + 7105,71 + 11842,85 + 23685,69 = 97686,64 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати $ЗВ$ на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою 8.18:

$$3B = \frac{B_{\text{заг}}}{\eta}, \quad (8.18)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,95$.

$$3B = 97686,64 / 0,95 = 102828,05 \text{ (грн.)}$$

8.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи

Оцінювання та доведення ефективності виконання науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру є достатньо складним процесом і часто базується на експертних оцінках, тому має вірогідний характер.

Для обґрунтування доцільності виконання науково-дослідної роботи на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» використовується спеціальний комплексний показник, що враховує важливість, результативність роботи, можливість впровадження її результатів у виробництво, величину витрат на роботу.

Комплексний показник K_p рівня науково-дослідної роботи може бути розрахований за формулою 8.19:

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_C \cdot R}{B \cdot t}, \quad (8.19)$$

де I – коефіцієнт важливості роботи. Приймемо $I = 3$;

n – коефіцієнт використання результатів роботи; $n = 0$, коли результати роботи не будуть використовуватись; $n = 1$, коли результати роботи будуть вико-

ристовуватись частково; $n = 2$, коли результати роботи будуть використовуватись в дослідно-конструкторських розробках; $n = 3$, коли результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок. Прийmemo $n=3$;

T_c – коефіцієнт складності роботи. Прийmemo $T_c = 2$;

R – коефіцієнт результативності роботи; якщо результати роботи плануються вище відомих, то $R = 4$; якщо результати роботи відповідають відомому рівню, то $R = 3$; якщо нижче відомих результатів, то $R = 1$. Прийmemo $R = 3$;

B – вартість науково-дослідної роботи, тис. грн. Прийmemo $B = 102828,05$ грн;

t – час проведення дослідження. Прийmemo $t = 0,08$ років, (1 міс.).

Визначення показників I , n , T_c , R , B , t здійснюється експертним шляхом або на основі нормативів [14].

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_c \cdot R}{B \cdot t} = 3^3 \cdot 2 \cdot 3 / 102,8 \cdot 0,08 = 18,91.$$

Якщо $K_p > 1$, то науково-дослідну роботу на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» можна вважати ефективною з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

8.4 Висновок

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» складають 102828,05 грн., рівень доцільності виконання науково-дослідної роботи $K_p > 1$ (тобто 18,91), що свідчить про потенційну ефективність з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

РОЗДІЛ 9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Аналіз впливу з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну, проводився на робочому місці, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На розробника, згідно ГОСТ 12.0.003-74 [16], мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони; відсутність чи нестача природного освітлення.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

9.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

9.1.1. Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Організація робочого місця – це система заходів щодо його спеціалізації, оснащення необхідними засобами і предметами праці, їхнього розміщення на робочому місці, його зовнішнього оформлення і створення належних умов праці. Конкретний зміст цих заходів визначається характером і спеціалізацією робочого місця, його видом і значенням у виробничому процесі.

Робоче місце працівника складається зі столу, крісла і підніжки, які дають змогу зберігати раціональну робочу позу впродовж усього робочого дня.

Конструкція робочого столу відповідає сучасним вимогам ергономіки і забезпечує оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів.

Робочий стілець підйомно-поворотний з можливістю регулювання за висотою та кутом нахилу сидіння та спинки. Поверхня сидіння плоска, передній

край - заокруглений. Регулювання за кожним із параметрів здійснюється незалежно, легко і надійно фіксується.

Конструкція робочого місця користувача ПК має забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками:

- ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг;
- стегна – в горизонтальній площині;
- передпліччя – вертикально;
- лікті – під кутом 70 – 90 град. до вертикальної площини;
- зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20 град. відносно горизонтальної площини,
- нахил голови – 15 – 20 град. відносно вертикальної площини [20].

Розташування екрана ПК забезпечує зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом $+30^\circ$ до нормальної лінії погляду дослідника.

Висота робочої поверхні столу для ПК знаходиться в межах 680 – 800 мм, а ширина – забезпечує можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля.

У приміщеннях з персональними комп'ютерами слід щоденно проводити вологе прибирання. Також в цих приміщеннях повинні бути медичні аптечки першої допомоги.

9.1.2. Електробезпека приміщення

Лінія електромережі для живлення персональних комп'ютерів, їх периферійних пристроїв (принтер, сканер тощо) в приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

Нульовий захисний провід прокладено від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників [21].

Усі провідники відповідають номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму тощо.

Персональні комп'ютери, периферійні пристрої до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника. Неприпустимим є підключення комп'ютерів, периферійних пристроїв до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Категорія умов з небезпеки електротравматизму – без підвищеної небезпеки [21].

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- 1) ізоляція нормально струмоведучих елементів електроустаткування відповідно з вимогами нормативів;
- 2) захисне заземлення;
- 3) систематичне проходження інструктажу з електробезпеки.

9.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

9.2.1 Мікроклімат

На самопочуття та стан здоров'я людини впливає мікроклімат виробничих приміщень, який визначається дією на організм людини температури, вологості, рухомості повітря і теплового випромінювання. Виробничий мікроклімат, як правило, відрізняється значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі, різноманітністю сполучень температури, вологості, рухомості повітря,

інтенсивності випромінювання залежно від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем.

Робота з дослідження впливу з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну відноситься до категорії легких робіт Ia. В табл. 9.1. наведені оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях, де виконуються роботи операторського типу.

Таблиця 9.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Забезпечення допустимих метеорологічних умов праці в приміщенні здійснюється за допомогою системи кондиціонування та регулярного провітрювання.

9.2.2 Склад повітря робочої зони

Нормуються шкідливі речовини у повітря робочої зони згідно ДСН 3.3.6.042-99 [19].

Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин для повітря робочої зони під час розробки конструкції мікроконтролерного терморегулятора наведені у таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
1	2	3	4

Продовження таблиці 9.2

1	2	3	4
Озон	0,16	0,01	1
Вуглекислий газ (CO ₂)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Шкідливих речовин в повітрі робочої зони не виявлено. Кількість пилу, що наявна в приміщенні, зменшується за допомогою систематичного вологого прибирання.

9.2.3. Виробниче освітлення

У приміщенні, де виконуються розробка використовується штучне та природне освітлення.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 9.4 (відповідно ДБН В.2.5-28-2006 [17]):

Таблиця 9.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, Лк		КПО, %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	Світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

1. Відносно вікон робоче місце розміщене так, щоб природне світло було з лівого боку.
2. Робоче місце дослідника, обладнане ПК розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла.
3. Джерела штучного світла розташовані з обох сторін від екрану паралельно напрямку зору.
4. Щоб уникнути світових блисків від екрану, клавіатури, освітлювальних пристроїв, сонця в напрямку очей необхідно застосовувати антиблискові сітки, спеціальні фільтри для екрану, захисні козирки, жалюзі на вікнах.
5. Вікна приміщень повинні мати регульовальні пристрої для відкривання.

9.2.4. Виробничий шум та вібрації

У робочому приміщенні мають місце шуми механічного і аеродинамічного походження, широкосмугові із аперіодичним підсиленням при роботі принтерів.

Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку L_A під час роботи згідно з вимогами ДСН 3.3.6.037-99 [18] наведені у таблиці 9.5.

Таблиця 9.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного шуму

Характер роботи	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні передбачено

використання відповідних склопакетів та пасивного охолодження ПК. Виробничих вібрацій не виявлено.

9.2.5 Виробничі випромінювання

Ступінь впливу електромагнітних випромінювань на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності впливу відповідних чинників, тривалості опромінення, характеру випромінювання, режиму опромінення, розмірів поверхні тіла, яка опромінюється, та індивідуальних особливостей організму.

Під час проведення досліджень на ПК на працівника діє електромагнітне випромінювання (ЕМВ), що створюється ПК. Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл.9.6.

Таблиця 9.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

Заходи щодо зменшення впливу на працівника електромагнітного випромінювання: оптимальна організація робочого місця, доцільне розміщення техноло-

гічного устаткування, дотримання гігієнічно обґрунтованих режимів праці та відпочинку, зменшення часу перебування у зоні опромінення.

9.2.6. Пожежна безпека

Основними чинниками пожеж на виробництві є: порушення технологічного режиму роботи обладнання; несправність електроустаткування; погана підготовка обладнання до ремонту; самозаймання деяких матеріалів і речовин тощо

З метою досягнення нормативного рівня безпеки в Україні створено систему пожежної безпеки, яка включає:

- систему протипожежного захисту;
- систему передбачення пожежі.

В приміщенні, де виконувалася робота використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані, тому за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Д». Пожежну небезпеку несуть у собі лише кабельні електропроводки до обладнання, що є припустимим для даної категорії приміщень [25].

За вогнестійкістю приміщення відноситься до другої категорії згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [25]. Робоча зона дослідника відноситься до класу вибухонебезпечності В-Па та пожежонебезпечності П-Па, оскільки вибухонебезпечна концентрація пилу і волокон може утворюватися лише внаслідок аварії або несправності.

9.3 Висновки

У даному розділі були досліджені основні шкідливі фактори, які мають вплив на людину. Визначені основні параметри з гігієни праці та виробничої санітарії: мікроклімат (вологе прибирання, опалювання, припливно-витяжна вентиляція), склад повітря, освітлення, шум, випромінювання.

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) було розроблено удосконалену конфігурацію кожухотрубного теплообмінника, що покращило його техніко-економічні характеристики.

Під час роботи над першим розділом МКР було зроблено аналіз конструкції основної теплообмінної апаратури. До неї відносять: підігрівачі бражки; дефлегматори; конденсатори; холодильники; кип'ятильники; підігрівачі спирту. Також було розглянуто допоміжну апаратуру: насоси; пастки; сепаратори; пробні холодильники; оглядові ліхтарі, та ін.

У другому розділі перераховано переваги та недоліки кожухотрубного теплообмінника. Поставлена задача для подальшої його модифікації.

У третьому розділі було проведено гідравлічний розрахунок теплообмінника, уточнено розміри патрубків.

У четвертому розділі проведено статичний аналіз теплообмінника в САЕ-системі «ПАССАТ». Уточнено геометричні характеристики кришки, сідла, водяних коробок.

У п'ятому розділі створено імітаційну модель на основі четвертого розділу. Під час створення моделі прийнято наступні спрощення і припущення, а саме те, що кожух теплообмінника суцільний (не містить зварних швів).

У шостому розділі за допомогою програми Flow Simulation змодельовано потік гострого пару в теплообміннику. В процесі було виявлено недоліки такого з'єднання, а саме відсутність турбуленції в зоні навколо патрубка, що супроводжується зменшенням температури в цій області. Застосування форми, відмінної від прямої позитивно впливає на процес теплообміну, температуру на виході було зменшено на 7°C.

У сьомому розділі порівнювалися патрубки по сукупності факторів і найкращим виявилось параболічне з'єднання, незважаючи на свою нетехнологічність.

Восьмий розділ МКР присвячений витратам на проведення науково-дослідної роботи на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» складають 102828,05 грн. Відповідно до проведеного аналізу та розрахунків рівень науково-економічного ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу та ефективність теплообміну» є середній, а дослідження актуальними, рівень доцільності виконання науково-дослідної роботи $K_p > 1$ (тобто 18,91), що свідчить про потенційну ефективність з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

У останньому розділі МКР розглянуті питання з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. Досліджені основні шкідливі фактори, які мають вплив на людину. Визначені основні параметри з гігієни праці та виробничої санітарії: мікроклімат (вологе прибирання, опалювання, припливно-витяжна вентиляція), склад повітря, освітлення, шум, випромінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Цыганков П.С. Ректификационные установки спиртовой промышленности. М. «Легкая и пищевая пром-сть», 1984. – 336 с.
2. ГОСТ 12 822-80. Фланцы стальные свободные на приварном кольце.
3. Расчет теплообменных аппаратов :методические указания к курсовому и дипломному проектированию / М-во образования и науки СССР, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т ; сост. Н. Ю. Карапузова, В. М. Фокин — Волгоград :ВолгГАСУ, 1990. — 68.
4. ГОСТ 52857.1-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
5. РД 26 14 88. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Элементы теплообменных аппаратов.
6. Блог: «Сборка теплообменника в SolidWorks 2020» Интернет ресурс: https://www.youtube.com/watch?v=3XDWT45_WPE.
7. Блог: «SolidWorks. Flow Simulation. Исследование резервуара / SolidWorks Flow Simulation» Интернет ресурс: <https://www.youtube.com/watch?v=V7T-olOLb8Q&t=579s>.
8. Расчет теплообменника газотурбинного двигателя замкнутого цикла: метод. указания для курсового проектирования / сост. Довгялло А.И., Белозерцев В.Н., Некрасова С.О. – Куйбышев: Изд-во Куйбышевского университета, 1986. -42 с.
9. Кожухотрубний теплообмінник: Методичні вказівки до виконання розрахункової частини курсового проекту з дисципліни “Теплотехнічні процеси та установки” для студентів усіх форм навчання спеціальності “Енергетичний менеджмент” /Укл. Т.О. Ринкова, В. П. Баб’як, В. І. Шкляр. – К.: ІВЦ ”Видавництво «Політехніка»”, 2005. - 50с.
10. Блог: «SOLIDWORKS Simulation: Wärmetauscher» Интернет ресурс:<https://www.youtube.com/watch?v=YV1rwRu8t4Y&t=167s&abchannel=MB-CADGmbH>.

11. Блог: «SOLIDWORKS УПОК 9 flow simulation термоанализ 1» Інтернет ресурс: https://www.youtube.com/watch?v=_U1lvyJaz1A&list=LL&index=14&t=62s&ab_channel=RADIOSOFT .
12. Блог: «Термический анализ в SOLIDWORKS Simulation» Інтернет ресурс: https://www.youtube.com/watch?v=cq3No62i3Us&ab_channel=%D0%A8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0SOLIDWORKS.
13. Блог: «Анализ сборки с соединениями в SOLIDWORKS Simulation» Інтернет ресурс: https://www.youtube.com/watch?v=-e42L8nKP-0&ab_channel=%D0%A8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0SOLIDWORKS
14. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
15. ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, від 27.12.2001 року №528. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.dnaop.com/html/1709>.
16. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
17. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. – Мінбуд України. – К.: 2006
18. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвук та інфразвук. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
19. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
20. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

21. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
22. Про охорону праці. Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ
23. НАПБА.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
24. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять (Пожарная безопасность. Термины и определения основных понятий). URL: https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf.
25. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

Додаток А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

**ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА. ВПЛИВ З'ЄДНАННЯ КОР-
ПУС-ПАТРУБОК НА МІЦНІСТЬ КОРПУСУ, ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕП-
ЛООБМІНУ**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г. Козлов

_____ (підпис)

« 10 » жовтня 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на комплексну магістерську кваліфікаційну роботу

**ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА. ВПЛИВ З'ЄДНАННЯ
КОРПУС-ПАТРУБОК НА МІЦНІСТЬ КОРПУСУ, ТА ЕФЕКТИВ-
НІСТЬ ТЕПЛООБМІНУ**
08-26.МКР.003.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., ст. викладач каф. ТАМ

Савуляк В.В. _____

« ____ » _____ 2022 р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-21м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Василишен В.В. _____

« ____ » _____ 2022 р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) удосконалення техніко-економічних характеристики кожухотрубного теплообмінника;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

Удосконалити техніко-економічні характеристики кожухотрубного теплообмінника шляхом дослідження та розробки рекомендацій по вибору форми з'єднання корпусу з комунікаціями.

3. Вихідні дані для виконання МКР:

Площа теплообміну $F = 32 \text{ м}^2$; діаметр корпусу теплообмінника, 610 мм; сумарна довжина труб, $L = 24 \text{ м}$; еквівалентний діаметр труб, $d_e = 0,021 \text{ м}$; об'ємний розхід води, $G = 0,0139 \text{ м}^3 / \text{с}$; масовий розхід пари, $D_n = 1,57 \text{ кг/с}$.

4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати імітаційне моделювання, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Пошук необхідної літератури, визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10.2022	11.10.2022	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Аналіз відомих рішень, обґрунтування методів досліджень	12.10.2022	18.10.2022	Розділ 2 та 3
3	Гідравлічний розрахунок теплообмінника та його перевірка на міцність	19.10.2022	23.10.2022	Розділ 3 та 4
3	Створення моделі, імітаційне моделювання процесу теплообміну	24.10.2022	20.11.2022	Розділ 5 та 6

4	Статичний аналіз теплообмінника, формування висновків по роботі	21.11.2022	27.11.2022	Розділ 7
5	Підготовка економічної частини	28.11.2022	30.11.2022	Розділ 8
6	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	01.11.2022	04.12.2022	Розділ 9
7	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	05.12.2022	11.12.2022	Пояснювальна записка

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відгук наукового керівника, відгук рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів науково-дослідницької частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

8. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Вимоги відсутні.

ДОДАТОК Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: «Покращення техніко-економічних характеристик кожухотрубного теплообмінника. Вплив з'єднання корпус-патрубок на міцність корпусу, та ефективність теплообміну»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше
(вказати))

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Савуляк Віктор Валерійович, к.т.н.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	89,8
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	10,2

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор _____ Василишен В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота може бути допущена до захисту

Особа, відповідальна за перевірку _____ Сердюк О.В.
(прізвище, ініціали)

Експерт _____ д.т.н., проф. зав.кафедри Козлов Л.Г.
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Додаток В

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛОБМІННИКА. ВПЛИВ З'ЄДНАННЯ
КОРПУС-ПАТРУБОК НА МІЦНІСТЬ КОРПУСУ, ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ТЕПЛОБМІНУ**

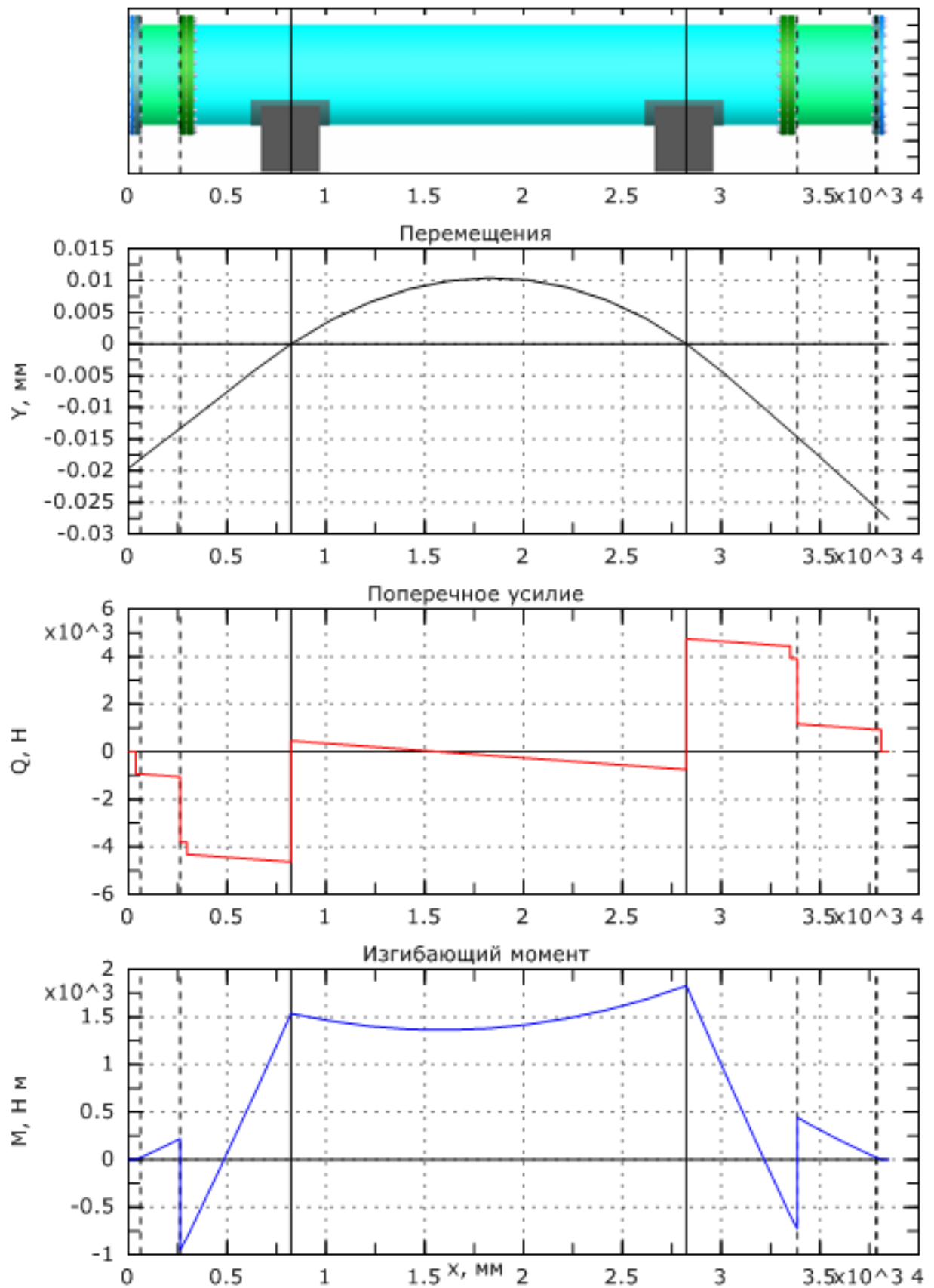
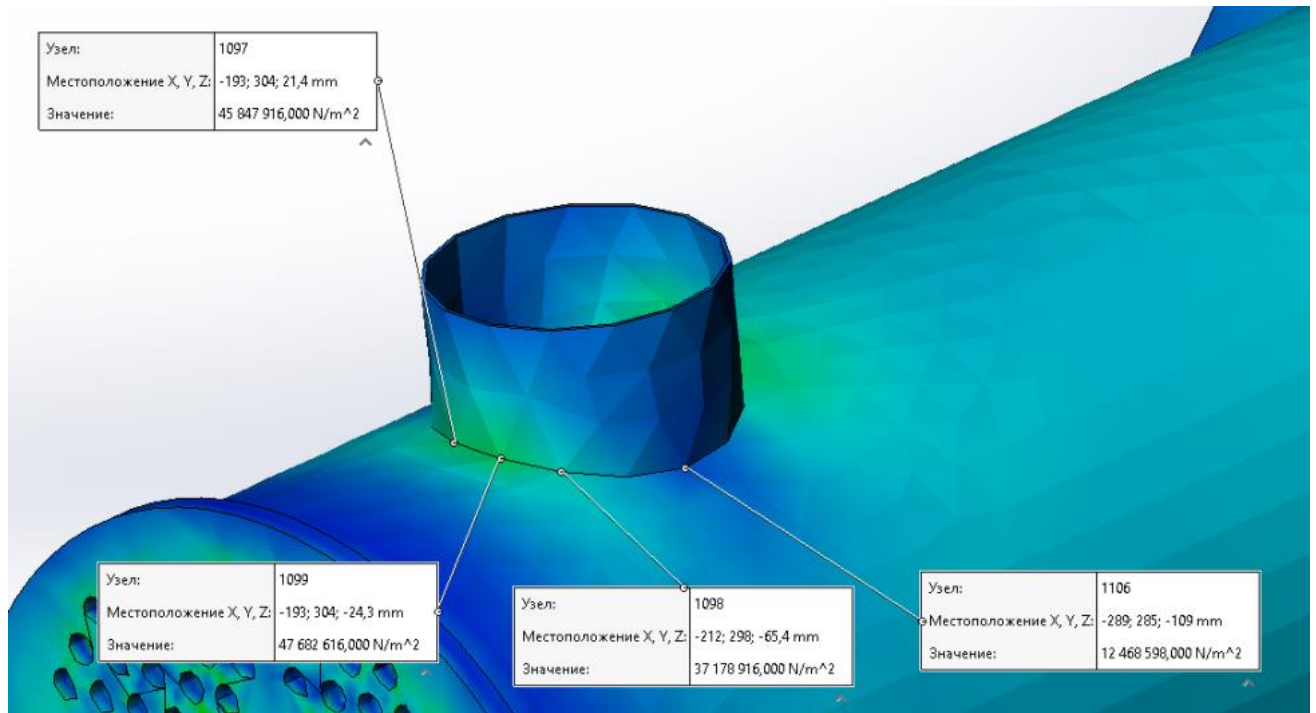
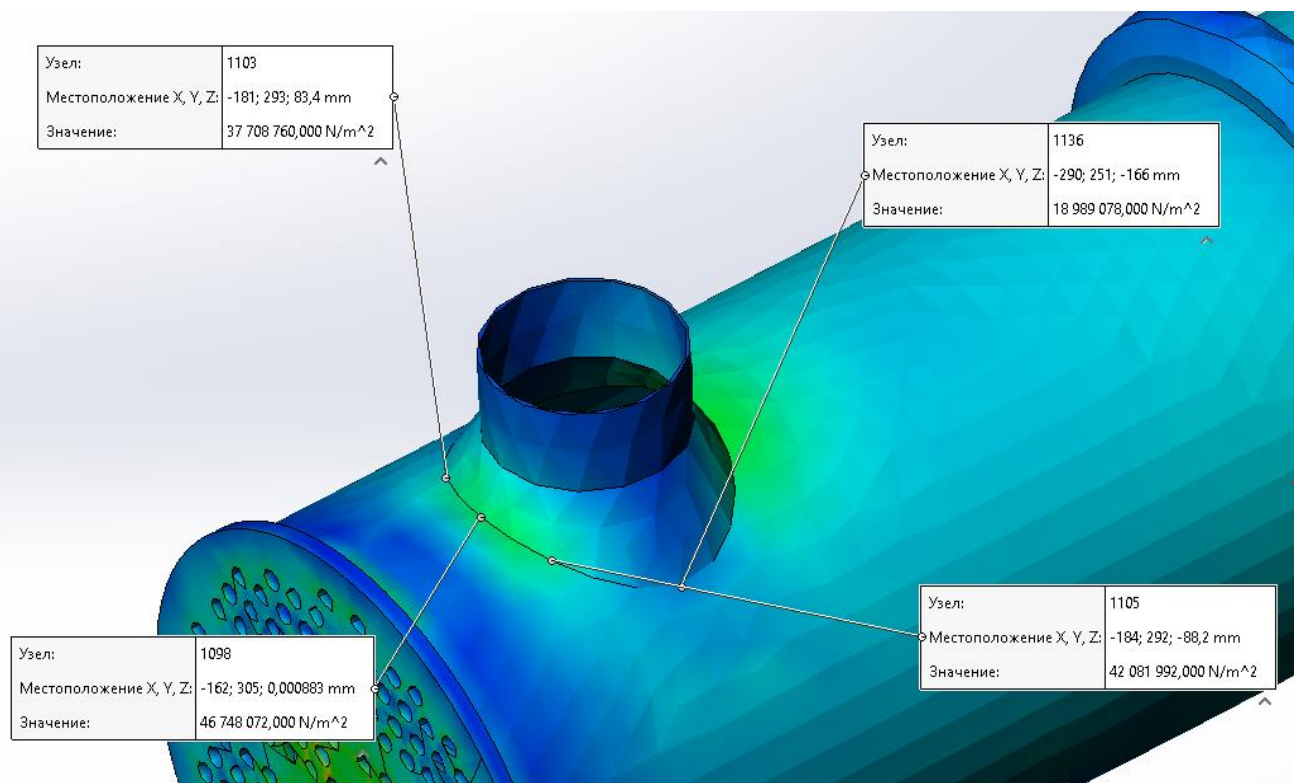


Рисунок В1 – Епюри теплообмінника



a)



б)

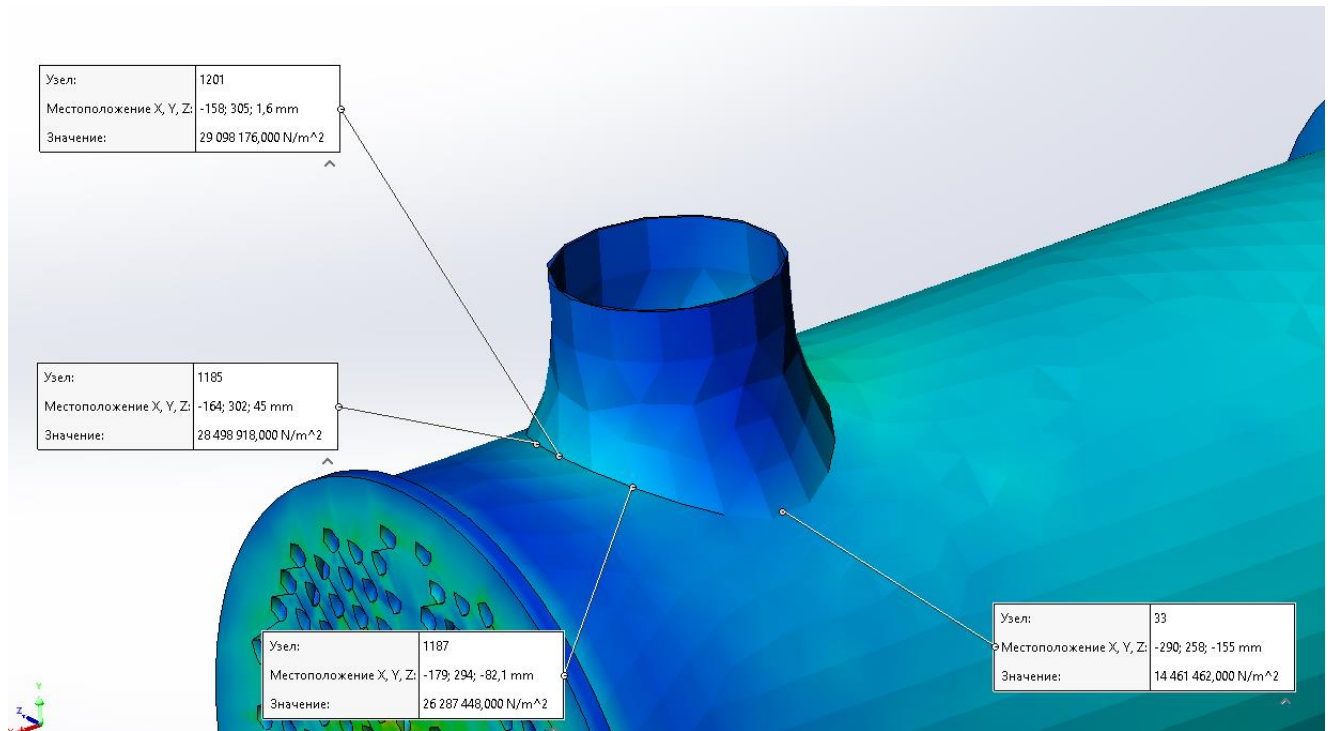
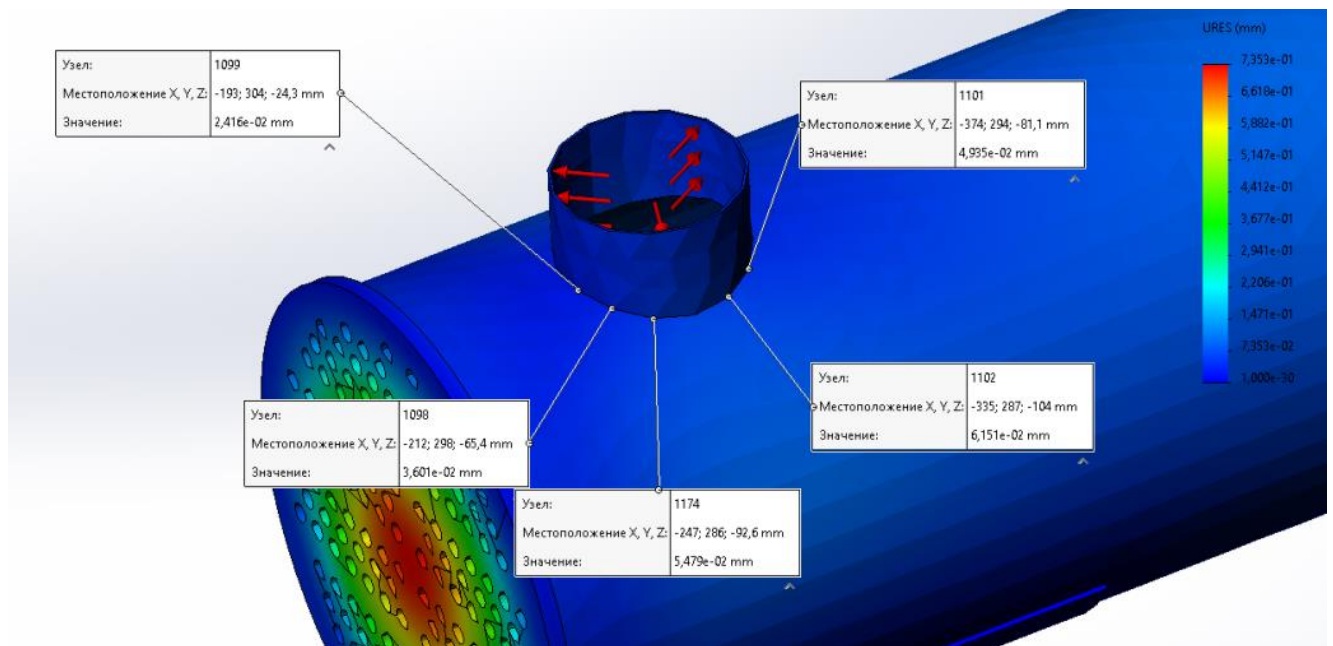
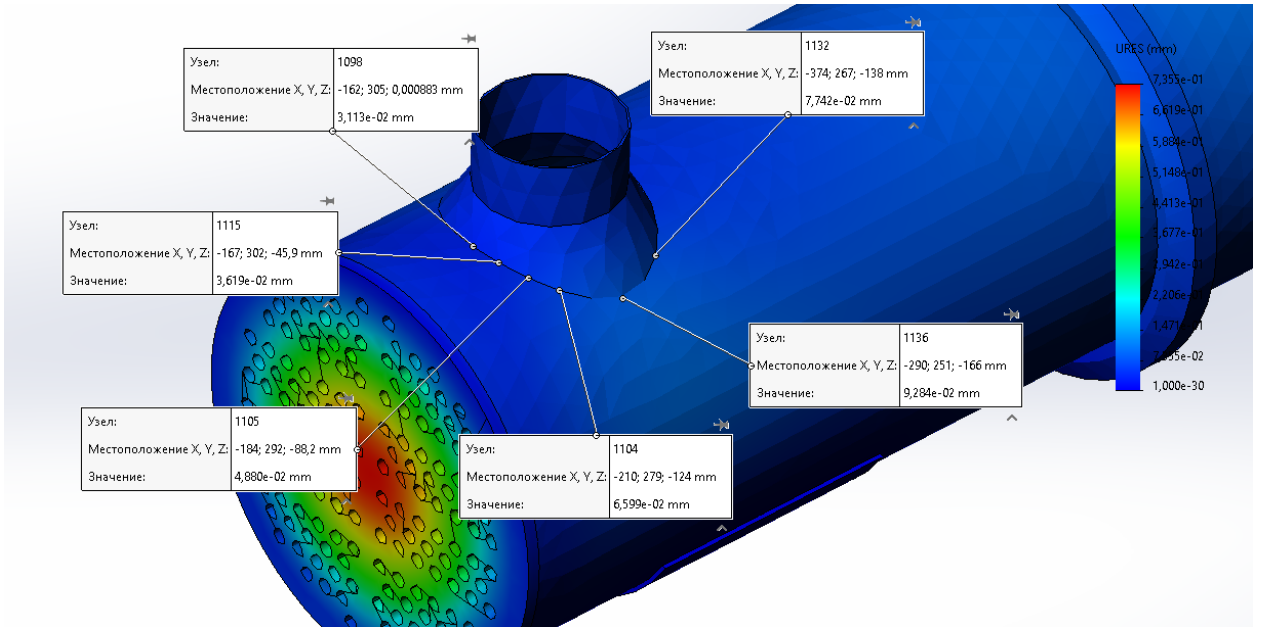


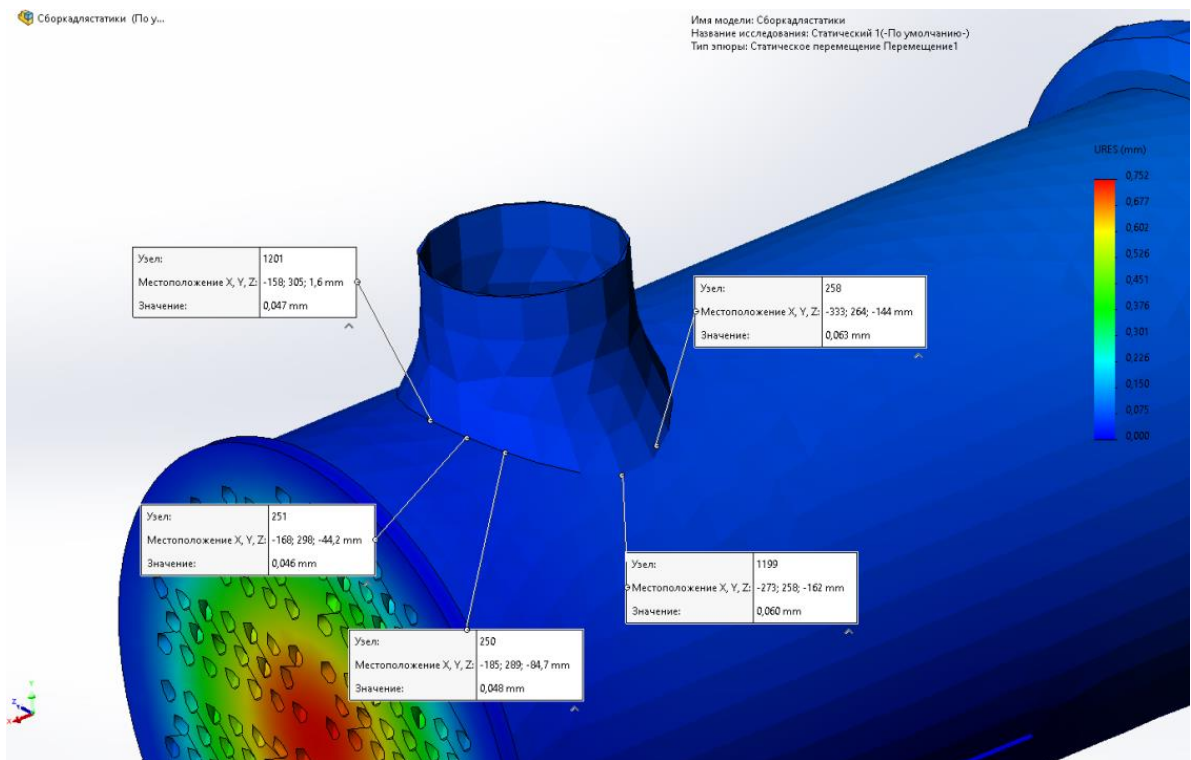
Рисунок В2 – Напряжения які виникають при з'єднанні корпусу з «прямим» патрубком а) конусним б) та патрубком складної форми в)



а)



б)



в)

Рисунок В3 – Величина переміщень у з'єднанні корпусу, які виникають з «прямим» патрубком а) конусним б) та патрубком складної форми в)

Додаток Г

КОНСТРУКТОРСЬКА ДОКУМЕНТАЦІЯ

**ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА. ВПЛИВ З'ЄДНАННЯ
КОРПУС-ПАТРУБОК НА МІЦНІСТЬ КОРПУСУ, ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ТЕПЛООБМІНУ**

08-26.МКР.003.01.000.СК

Перв. примен.

Справ. №

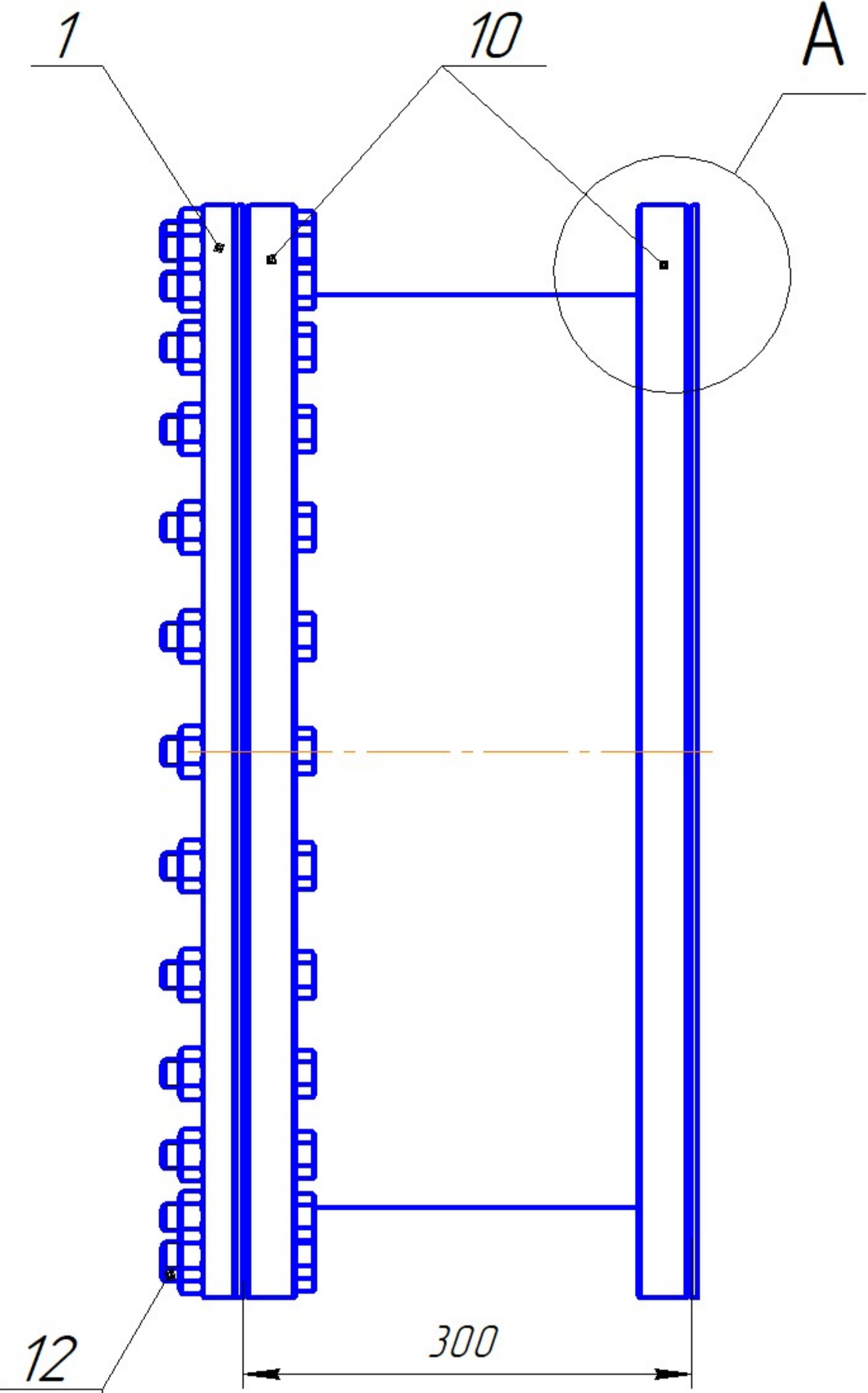
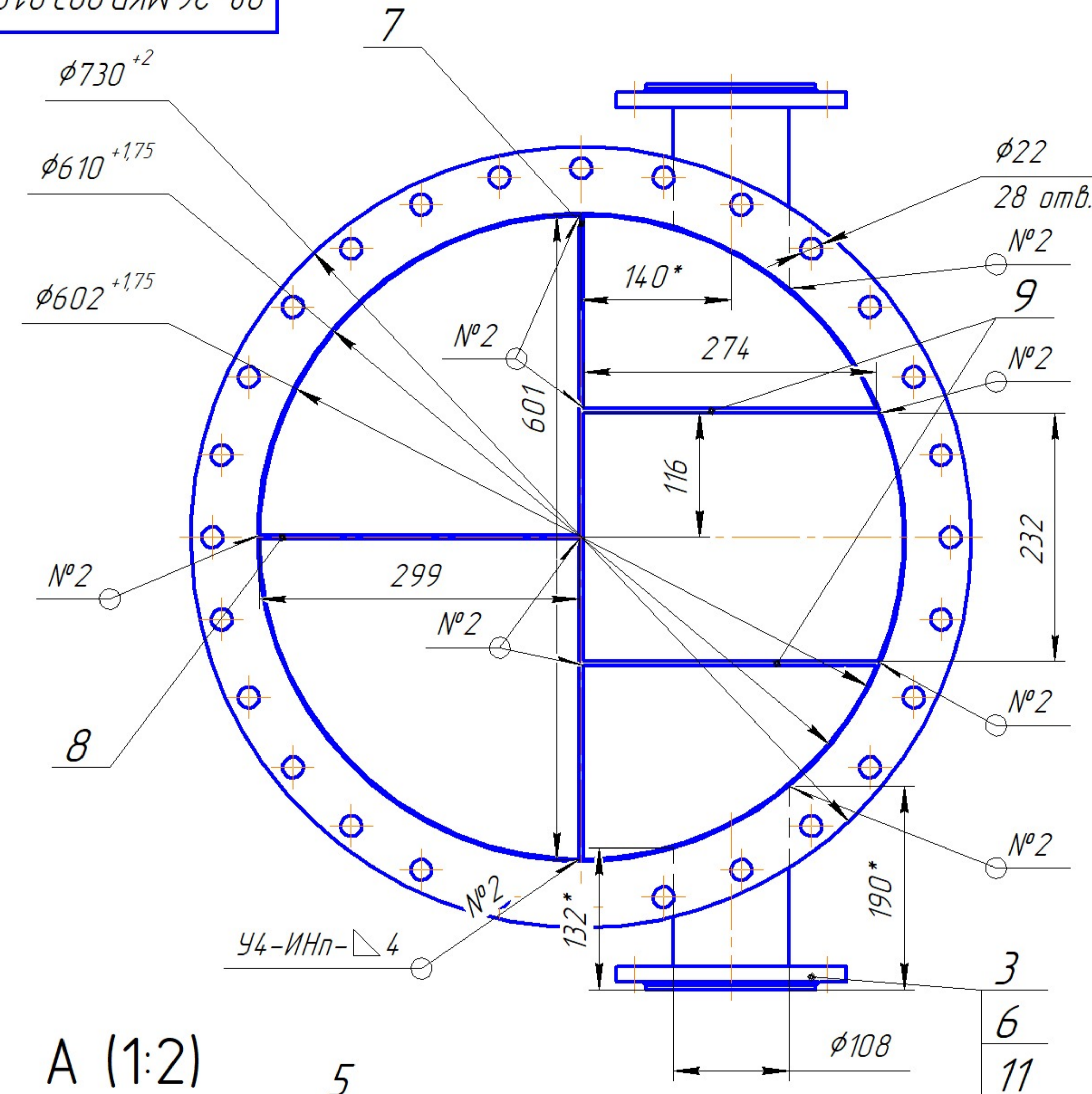
Подп. и дата

Инд. № дубл.

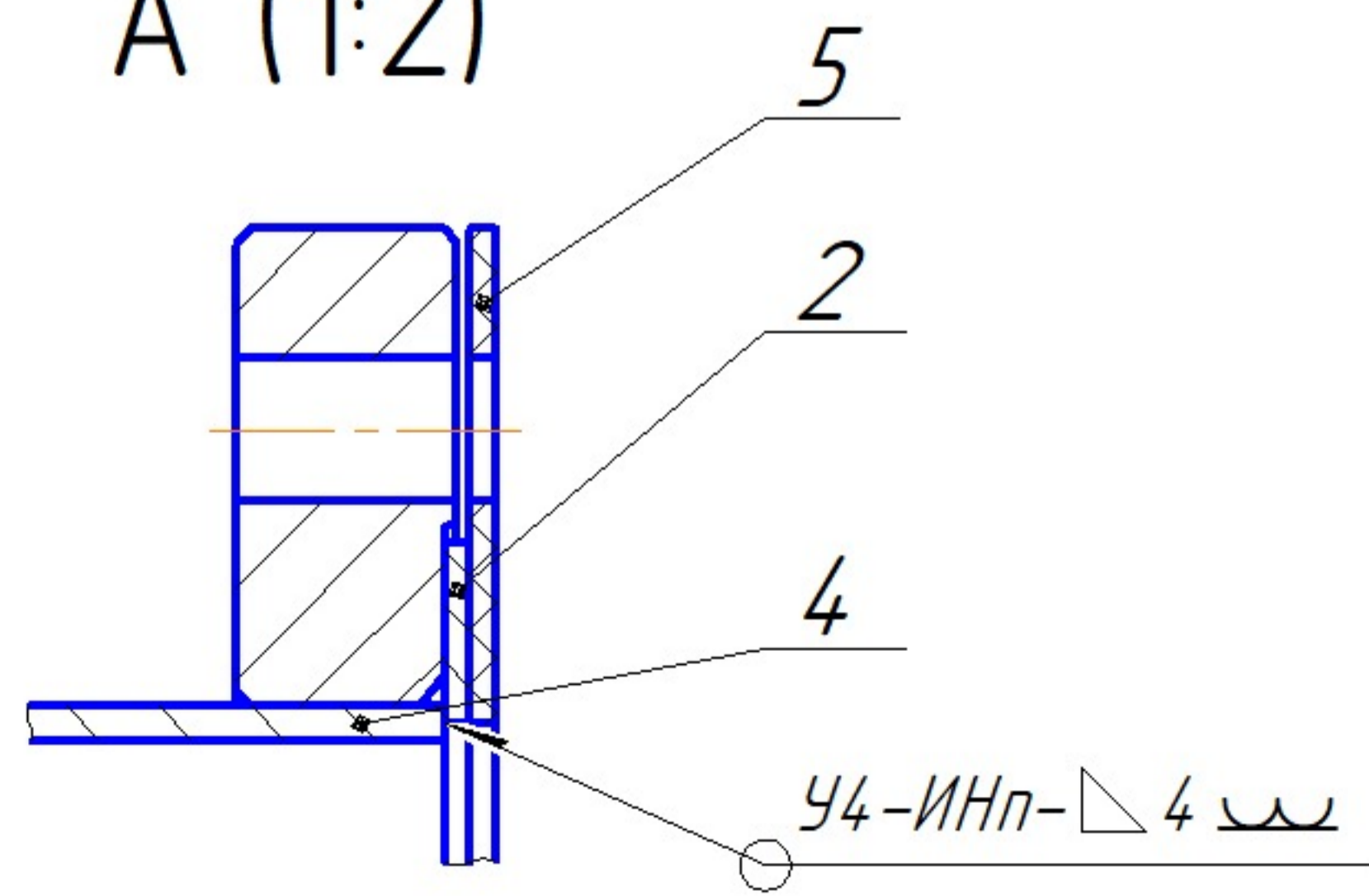
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



A (1:2)



- 1 Размеры для довідок *
- 2 Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - т.
- 3 Фланці патрубків по Ру 0,25.
- 4 Зварні шви по ГОСТ 14771-76.

				08-26.МКР.003.01.000.СК			
Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Коробка водяна вхідна	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Василишен В.В.						1:5
Пров.	Савуляк В.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.					ВНТУ, ст.гр. 1ПМ-21М		
И.контр.	Сердюк О.В.						
Утв.	Козлов Л.Г.						

08-26.МКР.003.02.000.СК

Перв. примен.

Справ. №

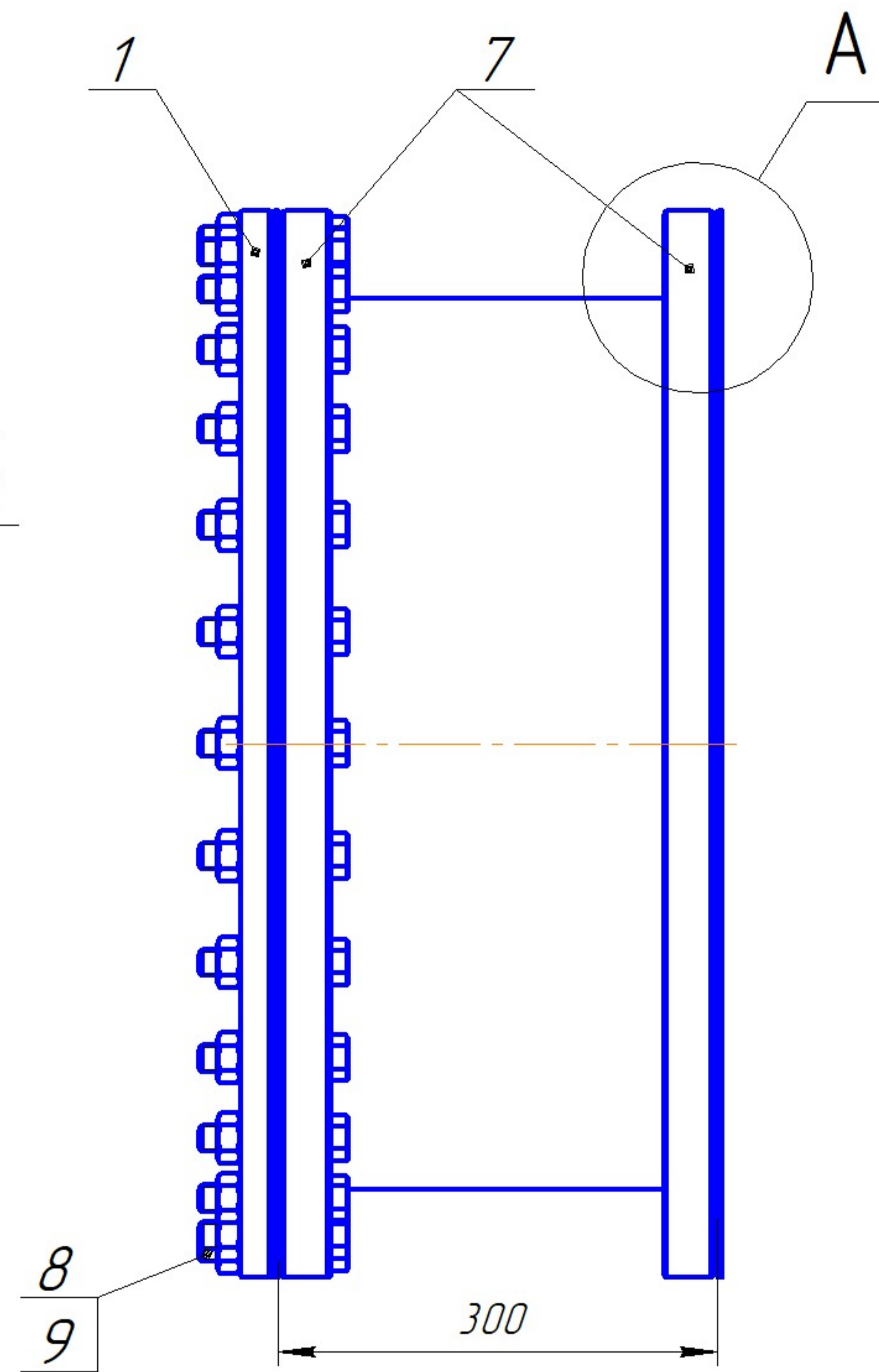
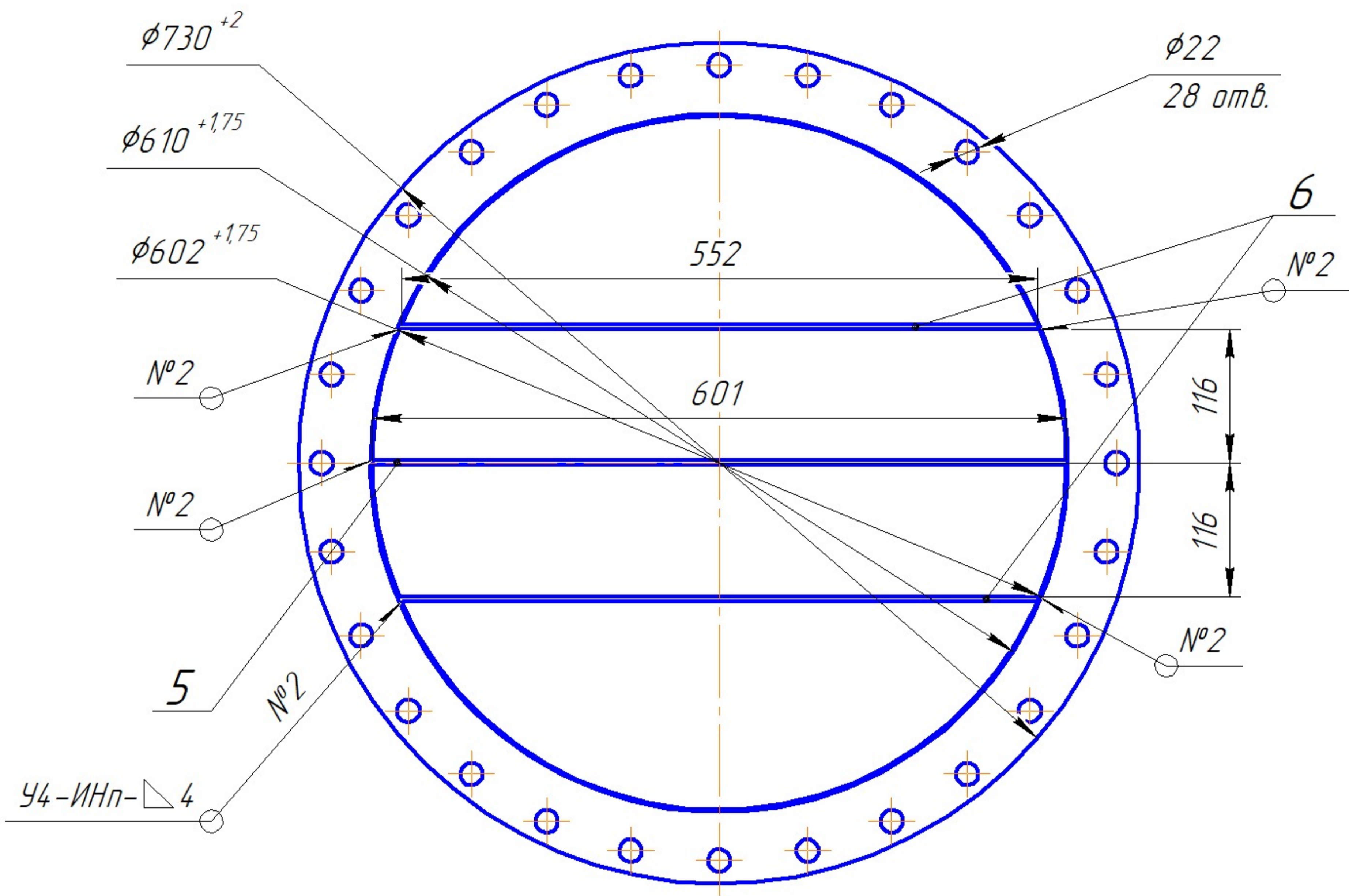
Подп. и дата

Инв. № дубл.

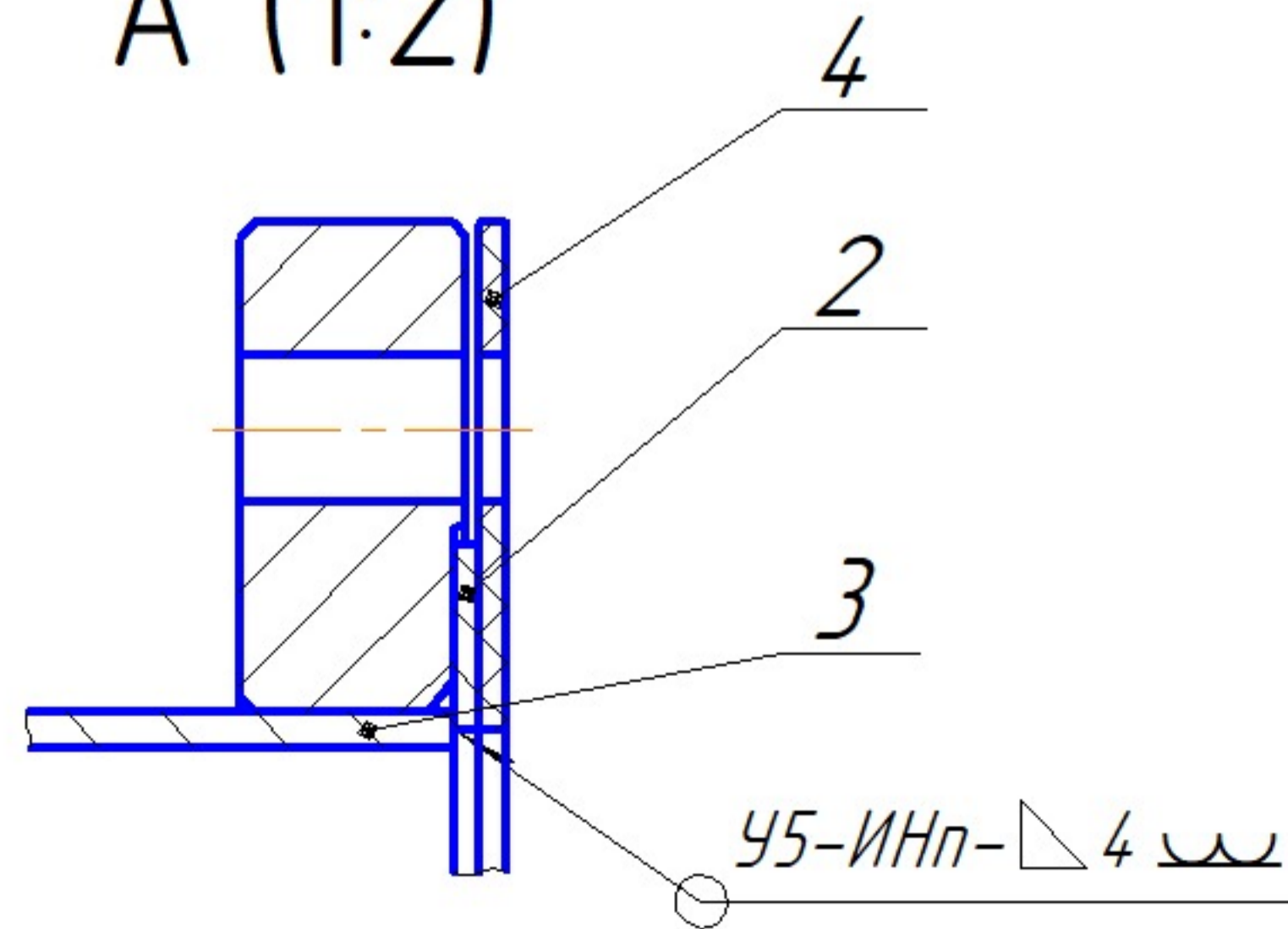
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



A (1:2)



1 Размеры для довідок *

2 Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - т.

3 Зварні шви по ГОСТ 14771-76.

				08-26.МКР.003.02.000.СК			
Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Коробка водяна "глуха"	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Василишен В.В.						1:5
Пров.	Савуляк В.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.							
И.контр.	Сердюк О.В.						ВНТУ, ст.гр. 1ПМ-21М
Утв.	Козлов Л.Г.						

Копировал

Формат А3

08-26.МКР.003.03.000.СК

Перв. примен.

Справ. №

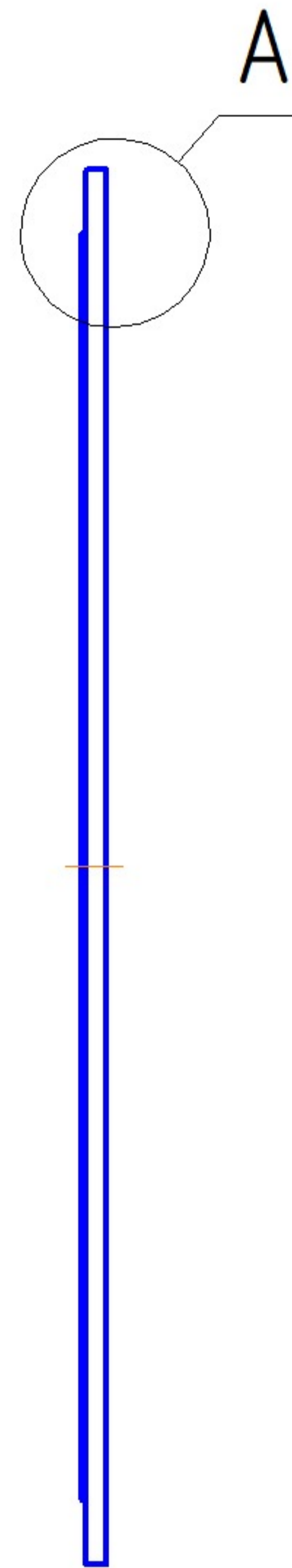
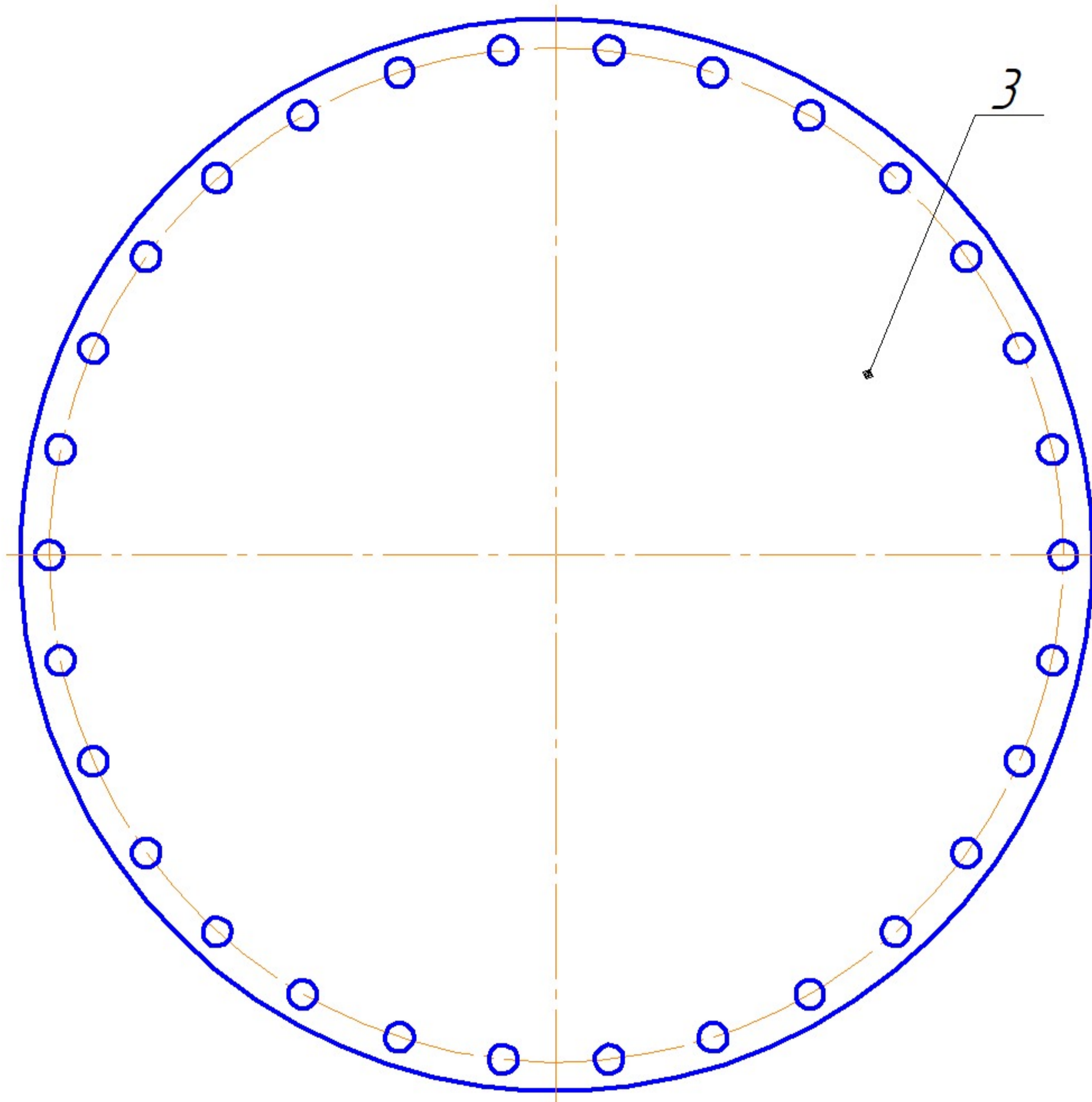
Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

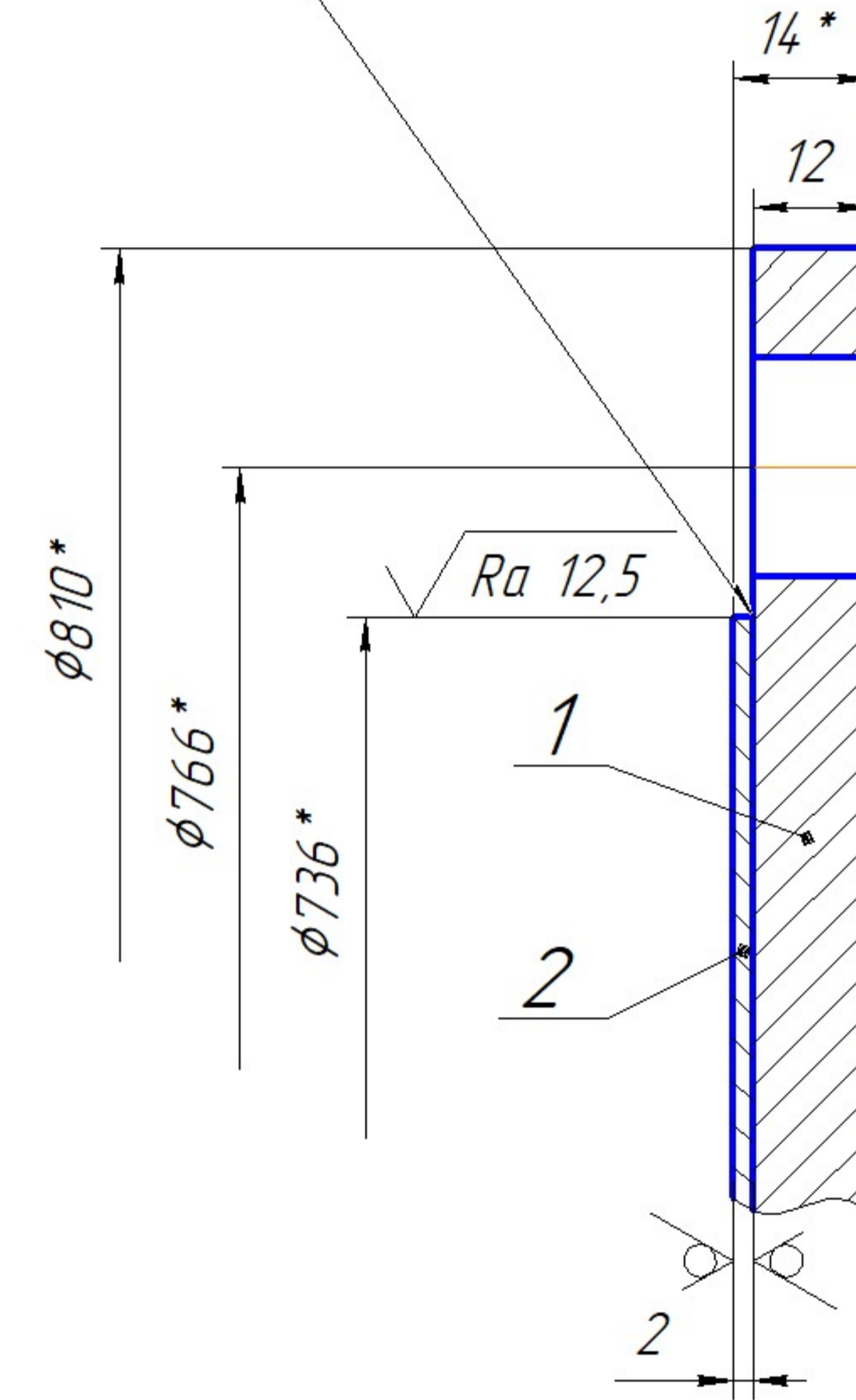
Подп. и дата

Инд. № подл.



A (1:1)

H1-ИИп- ∇ 2-20/100 - ω



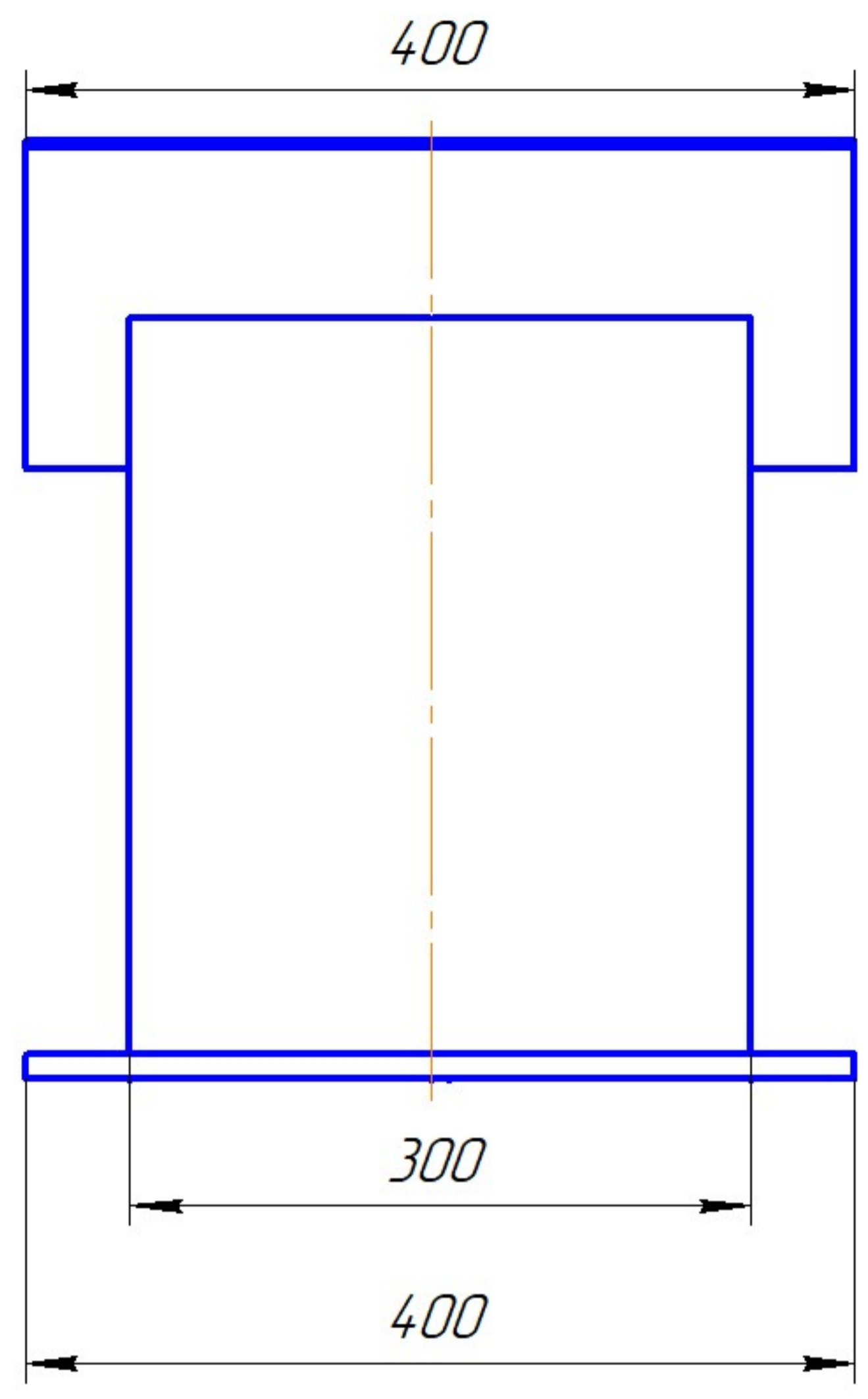
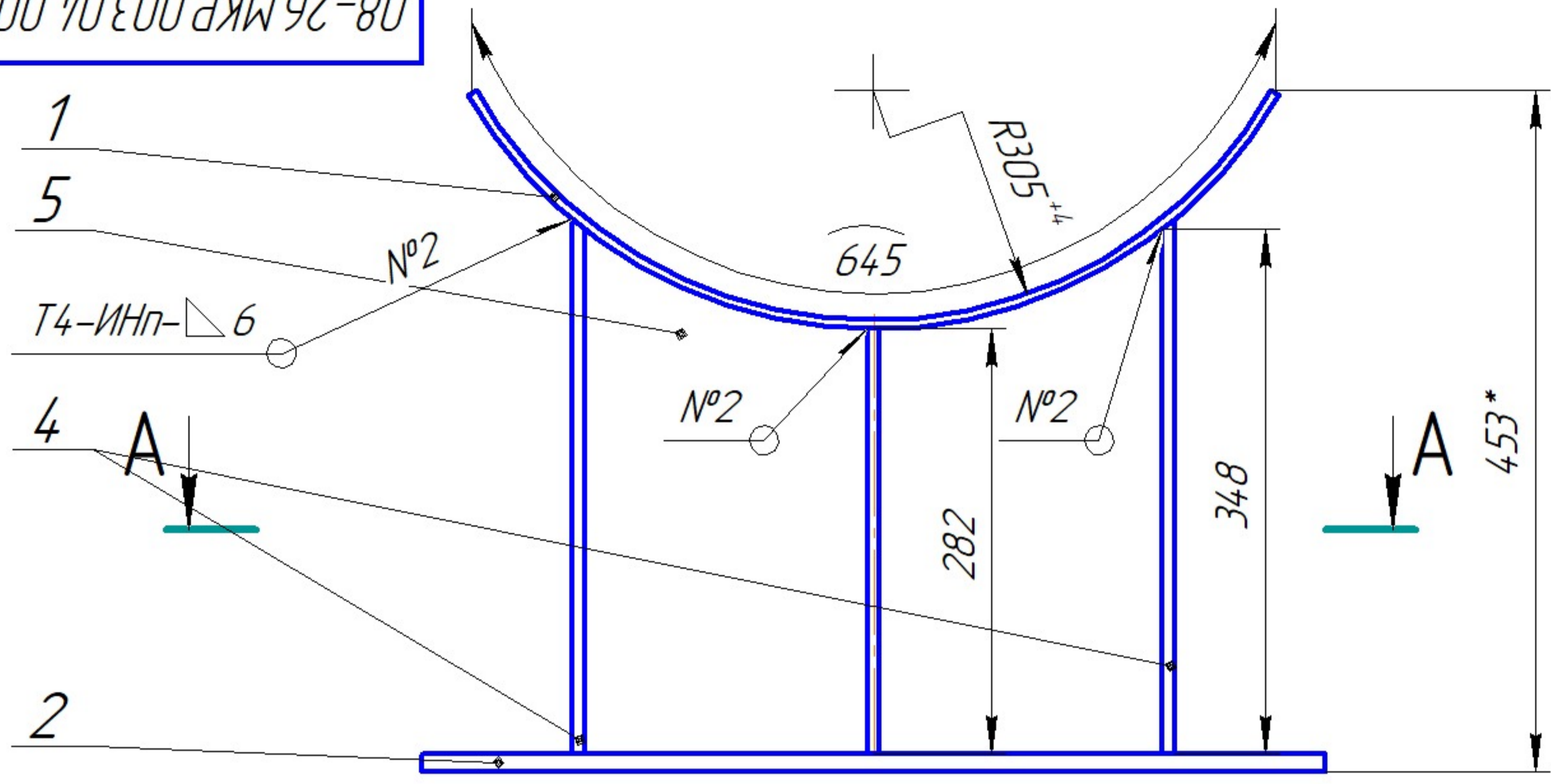
1. Разміри для довідок *
2. Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - т.
3. Зварні шви по ГОСТ 14771-76.

				08-26.МКР.003.03.000.СК				
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Кришка	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Василишен В.В.						69,5	1:5
Пров.	Савуляк В.В.					Лист	Листов 1	
Т.контр.								
И.контр.	Сердюк О.В.				ВНТУ, ст.зр. 1ПМ-21М			
Утв.	Козлов Л.Г.							

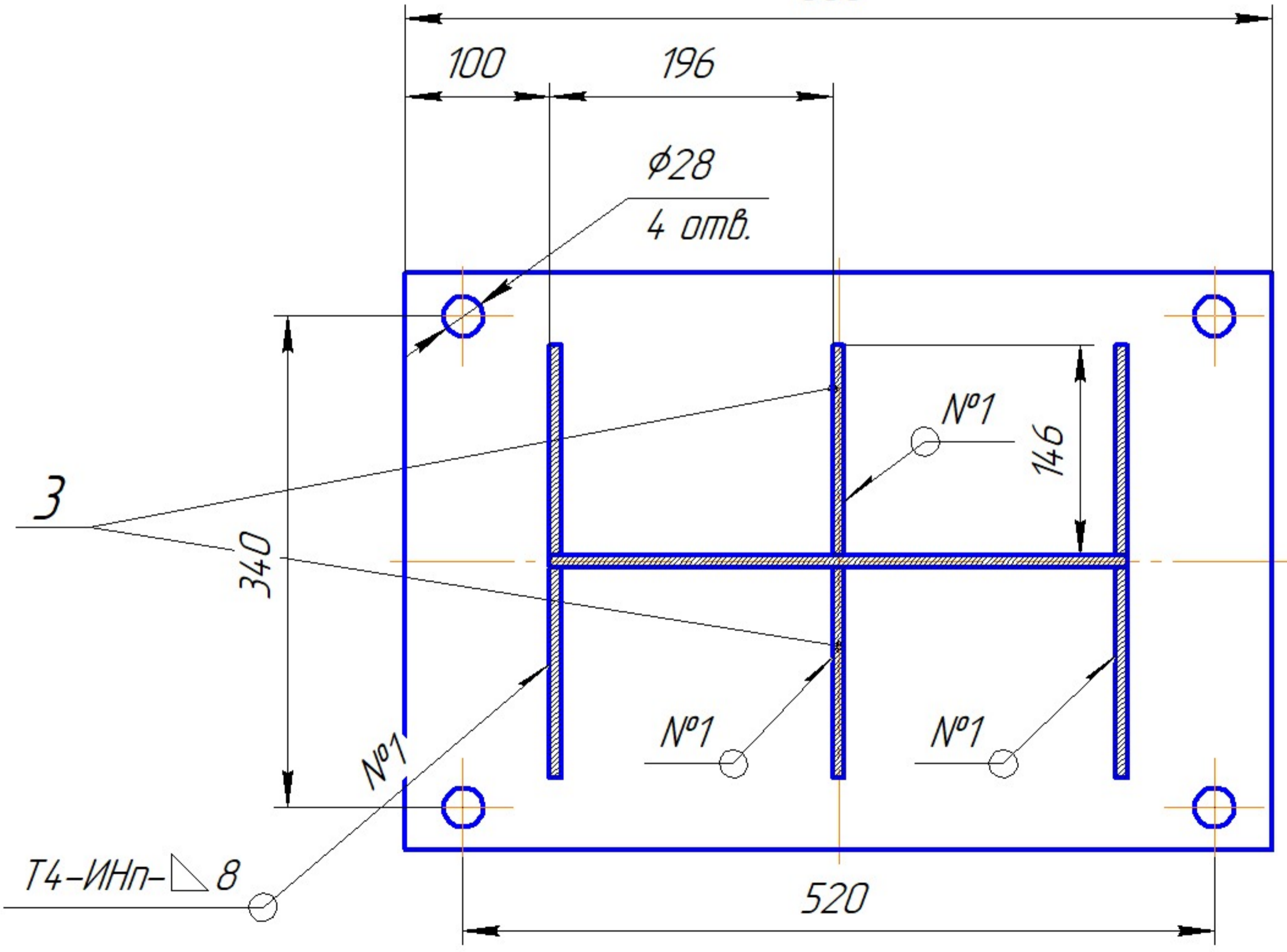
08-26.МКР.003.04.000.СК

Перв. примен.

Справ. №



A-A
600



- 1 Размеры для довідок *
- 2 Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - т
- 3 Зварні шви по ГОСТ 14771-76.

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

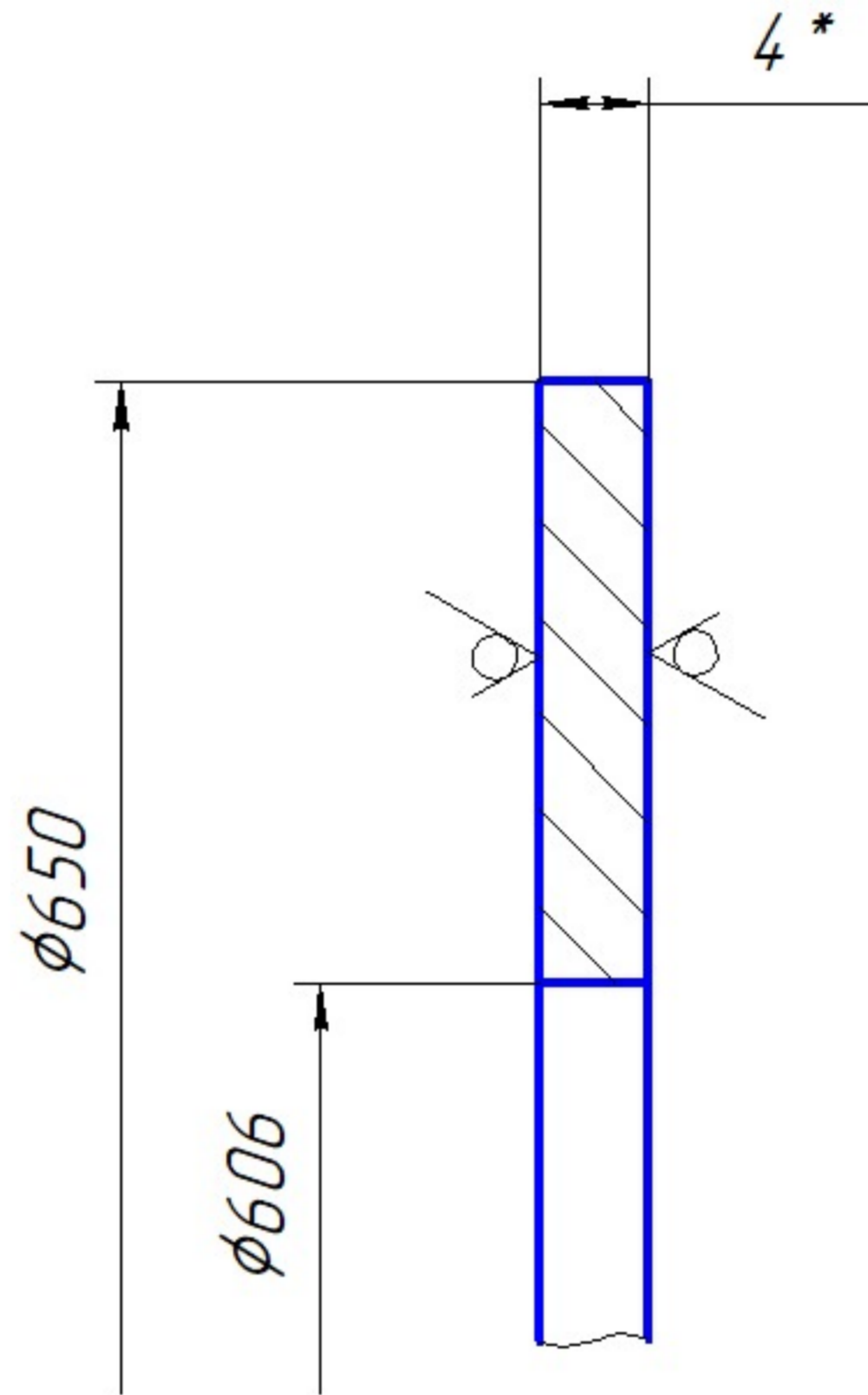
				08-26.МКР.003.04.000.СК			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
							1:1
Разраб.	Василишен В.В.						
Пров.	Савчуляк В.В.						
Т.контр.					Лист	Листов	1
И.контр.	Сердюк О.В.				ВНТУ, ст.гр. 1ПМ-21М		
Утв.	Козлов Л.Г.						

08-26.МКР.003.01.001

✓ Ra 12,5 (✓)

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

- *Размер для довідок.
- H14, h14.

Подп. и дата

Инв. № подл.

08-26.МКР.003.01.001

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Василишен В.В.		
Пров.		Савуляк В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк О.В.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

Віддортровка

Лист. Масса Масштаб

1,5 2:1

Лист Листов 1

4 ГОСТ 19904-90
Лист 08X18H10 ГОСТ 5582-75

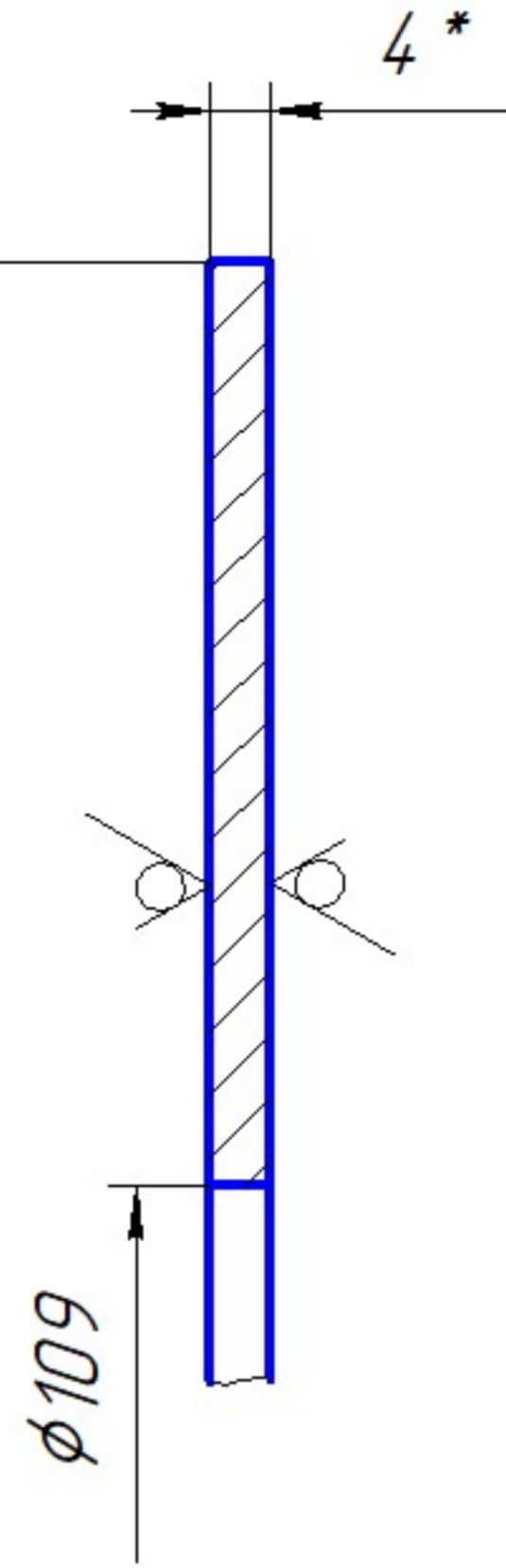
ВНТУ, ст.зр. 1ПМ-21М

08-26.МКР.003.01.002

✓ Ra 12,5 (✓)

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

1 Размеры для довідок *

2 Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - т.

Подп. и дата

Инв. № подл.

08-26.МКР.003.01.002

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Василишен В.В.		
Пров.		Савчуляк В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк О.В.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

Кільце приварне

Лист. Масса Масштаб

0,3 1:1

Лист Листов 1

4 ГОСТ 19904-90
Лист 08Х18Н10 ГОСТ 5582-75

ВНТУ, ст.зр. 1ПМ-21М

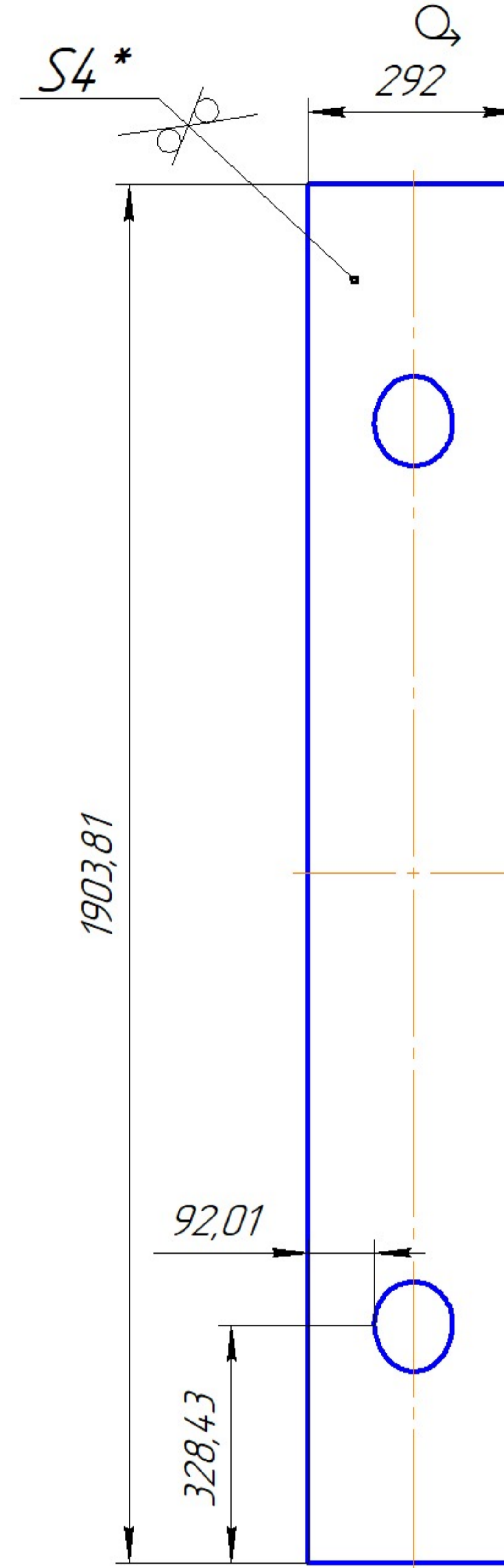
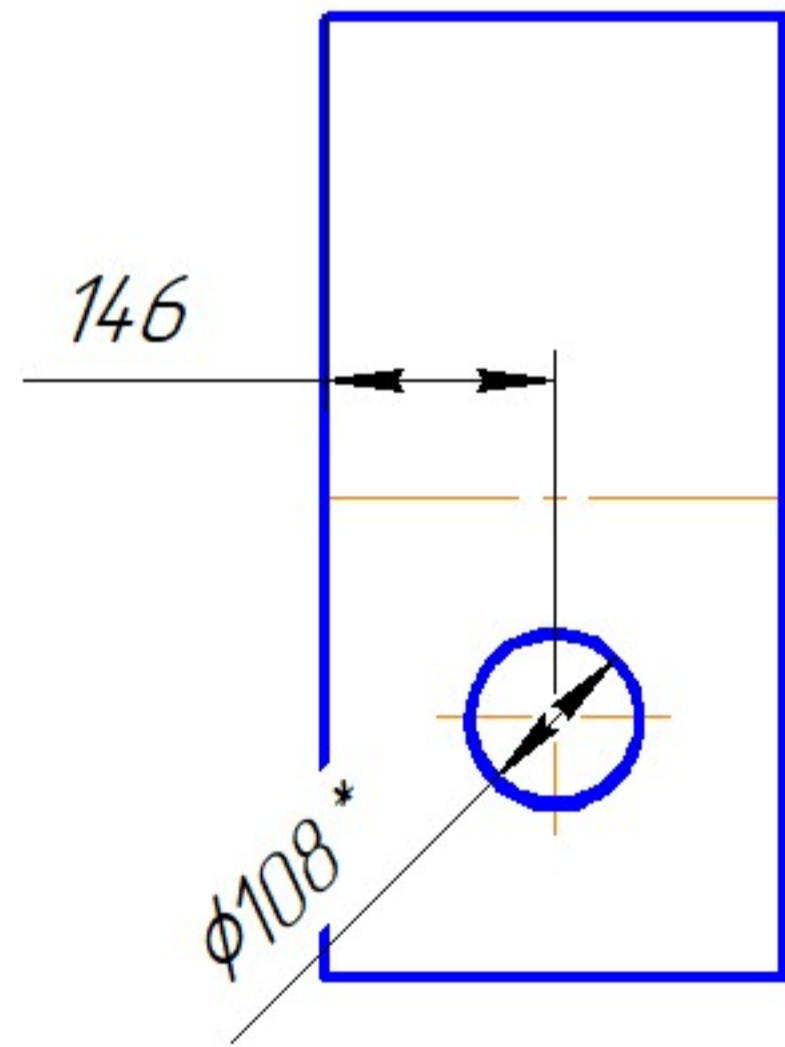
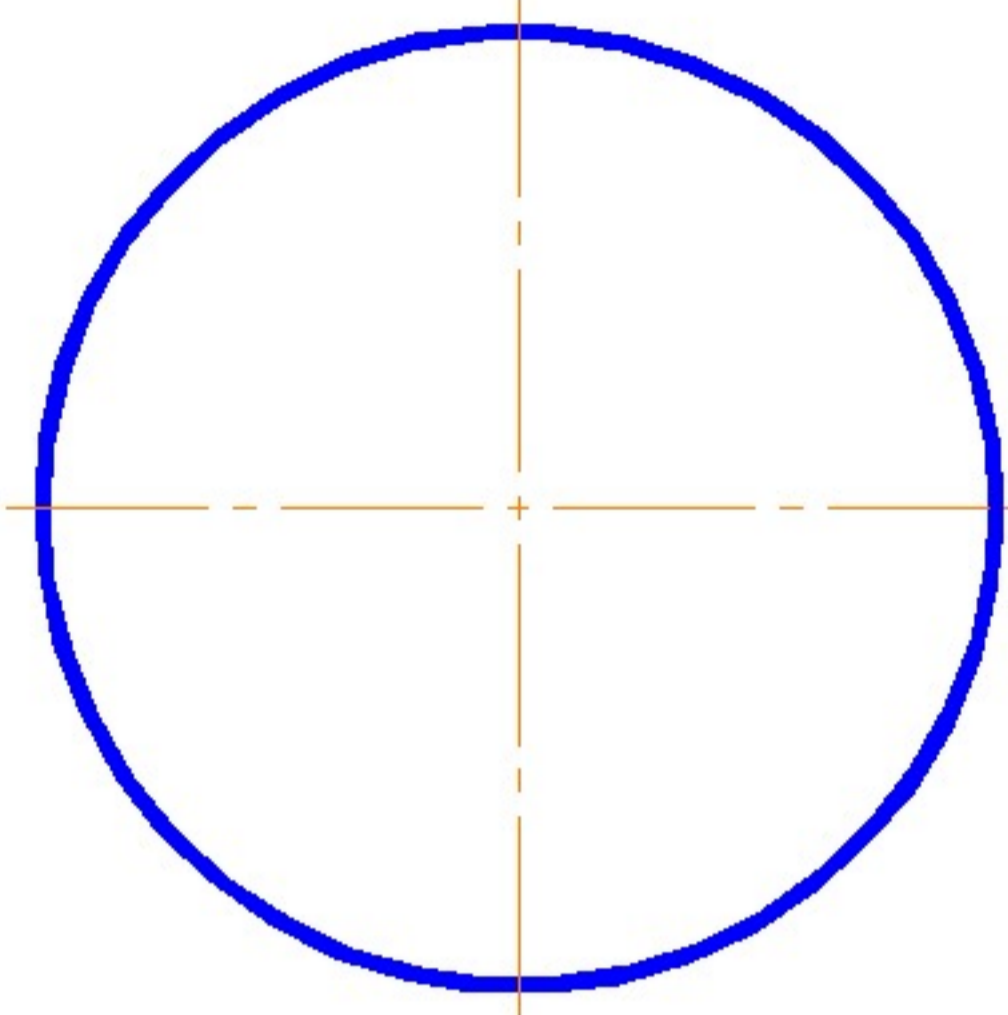
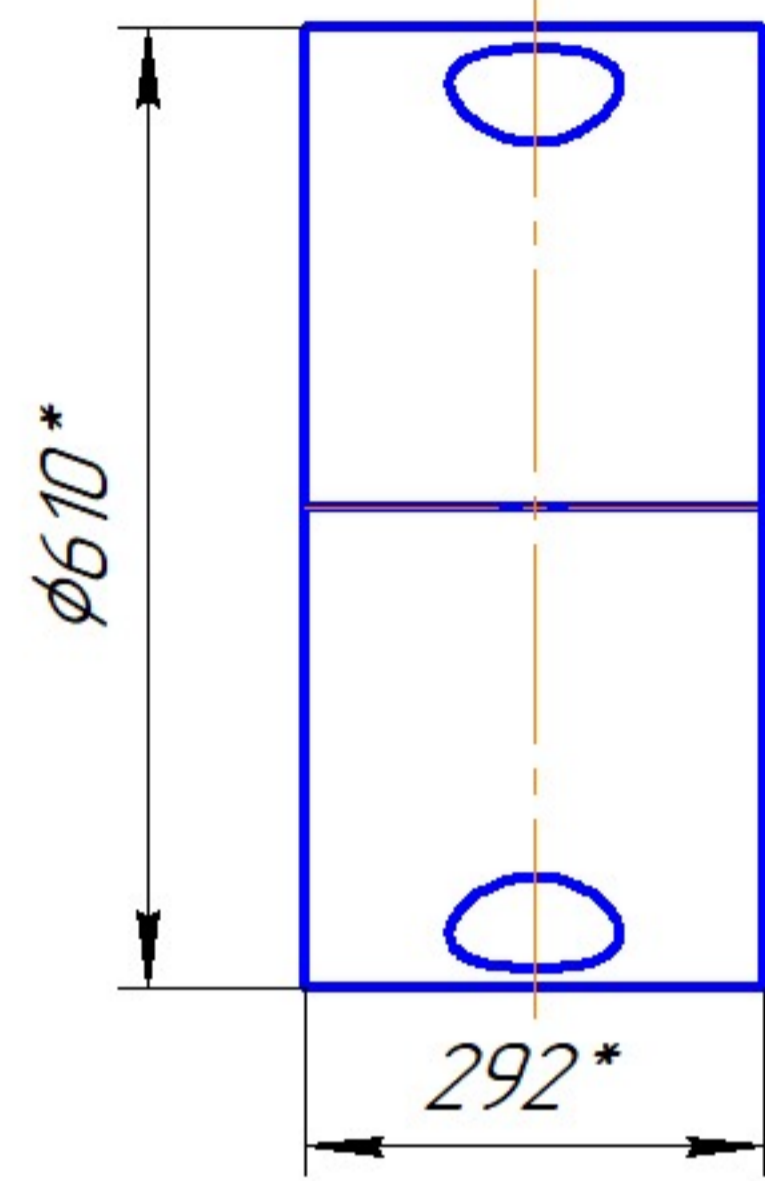
Копировал

Формат А4

08-26.МКР.003.01.003

Перв. примен.

Справ. №



√ Ra 12.5 (√)

Подп. и дата

Инв. № дудл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

1 Розміри для довідок *
2 Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - т.

				08-26.МКР.003.01.003				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обичайка	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Василишен В.В.						1:2
Пров.		Савчуляк В.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.		Сердюк О.В.			Лист	4 ГОСТ 19904-90 08X18H10 ГОСТ 5582-75		ВНТУ, ст.зр. 1ПМ-21М
Утв.		Козлов Л.Г.						Формат А3

Копировал

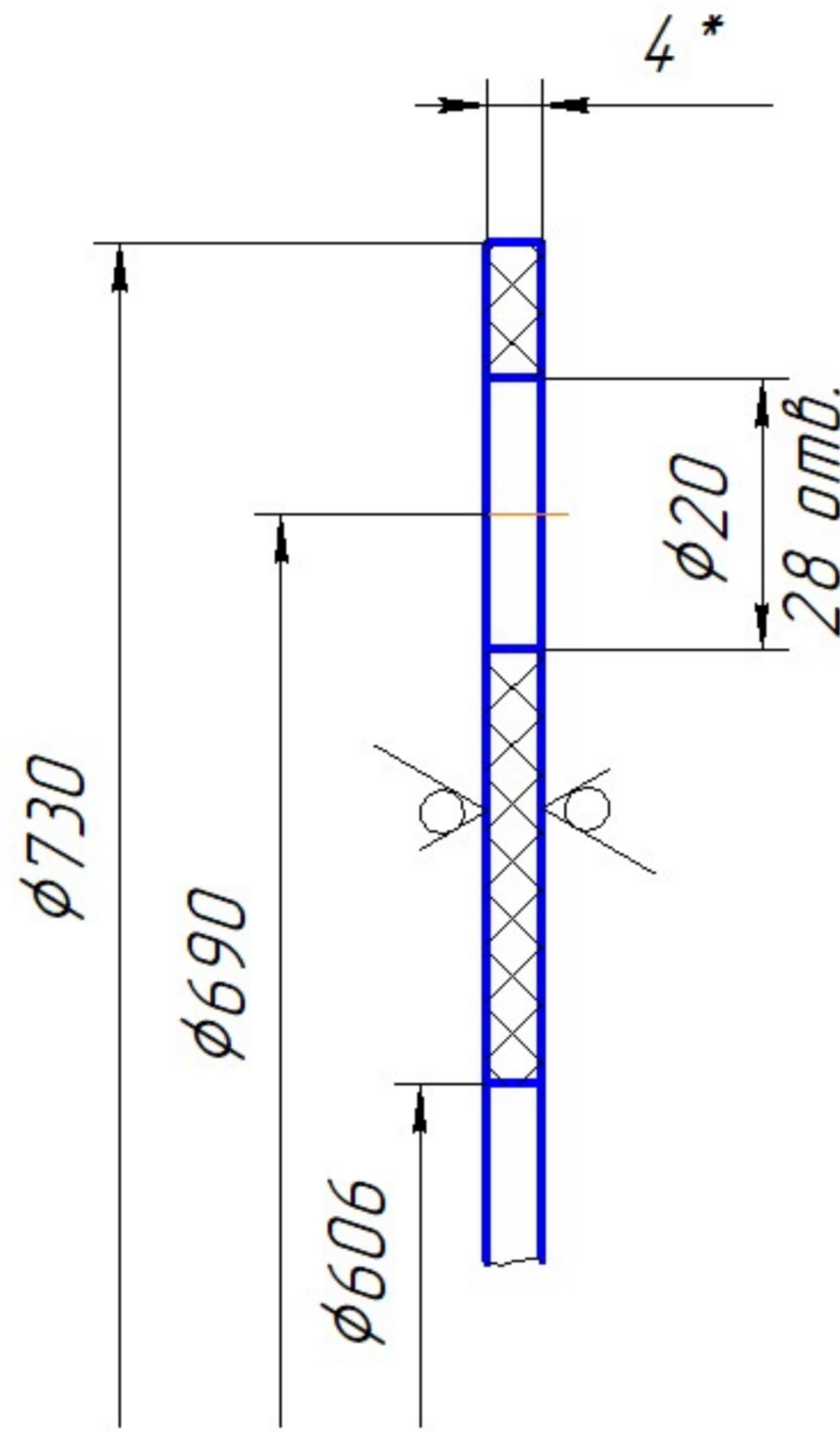
Формат А3

08-26.МКР.003.01.004

✓ Ra 12,5 (✓)

Перв. примен.

Справ. №



1. *Размер для довідок.
2. Н14, н14.

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

08-26.МКР.003.01.004

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Василишен В.В.		
Пров.		Савчуляк В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк О.В.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

Прокладка

Лист	Масса	Масштаб
	3,8	1:1
Лист	Листов	1

Паронит ПОН 4 ГОСТ 481-80

ВНТУ, ст.гр. 1ПМ-21М

08-26.МКР.003.01.005

√ Ra 12.5 (√)

Перв. примен.

Справ. №

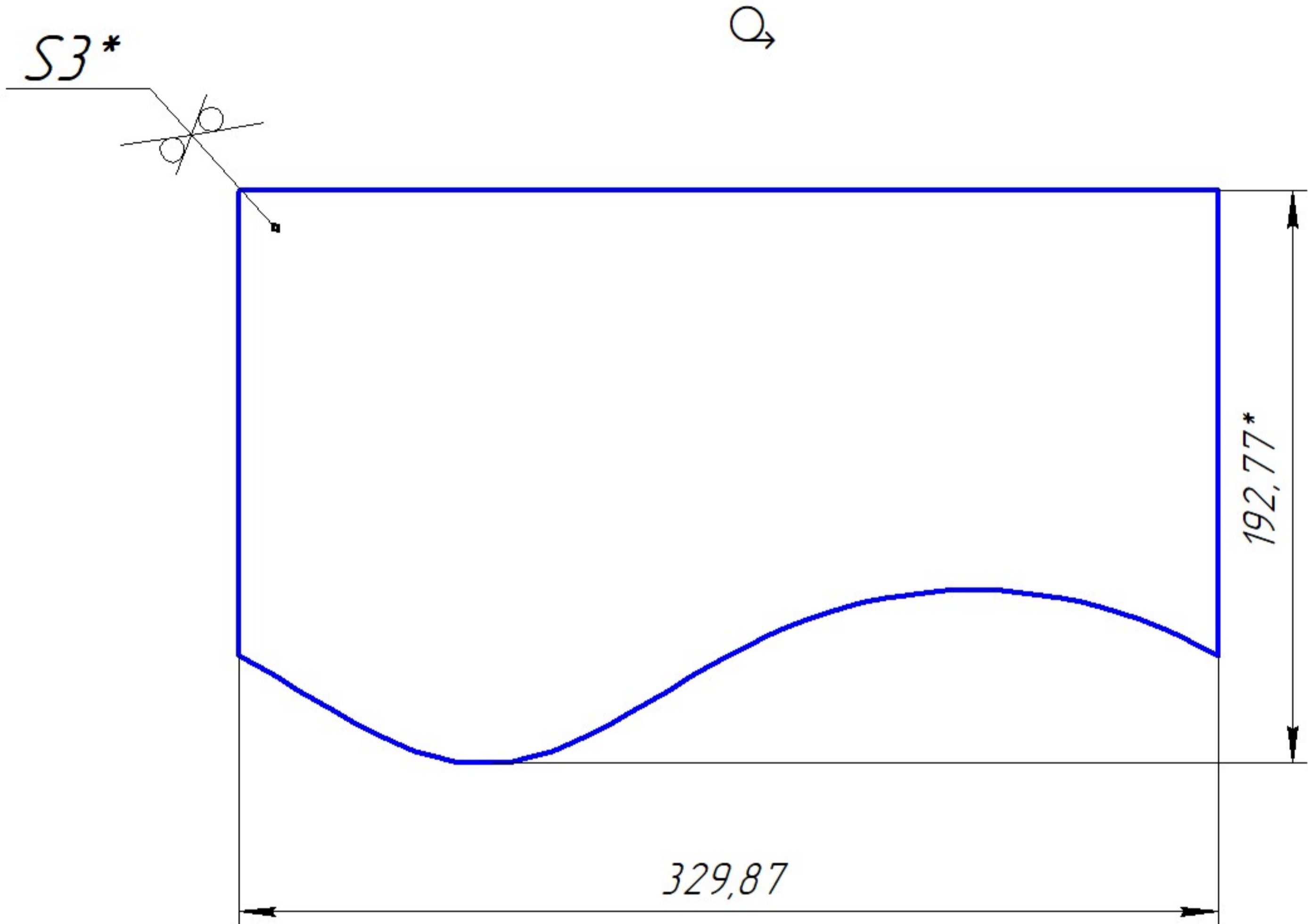
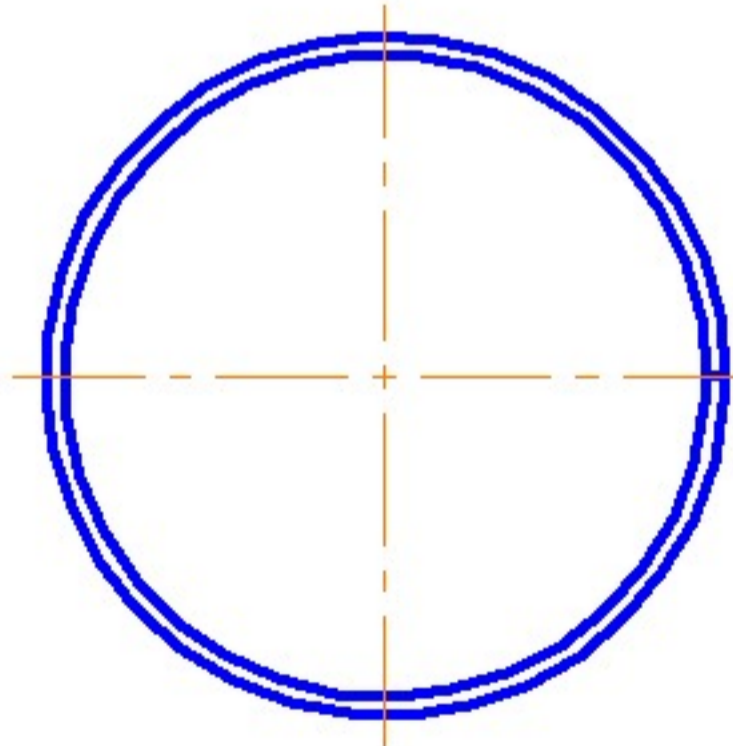
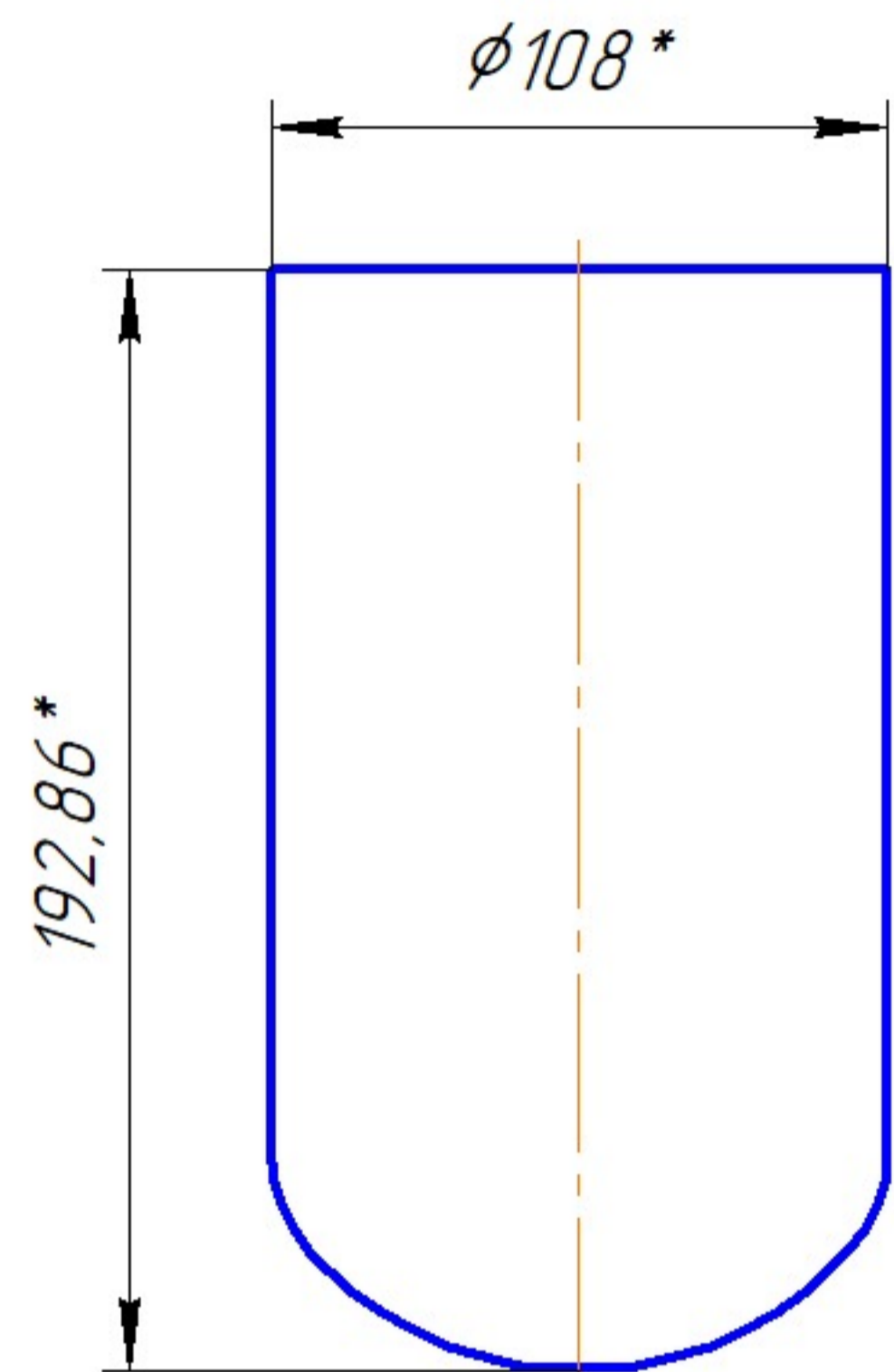
Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

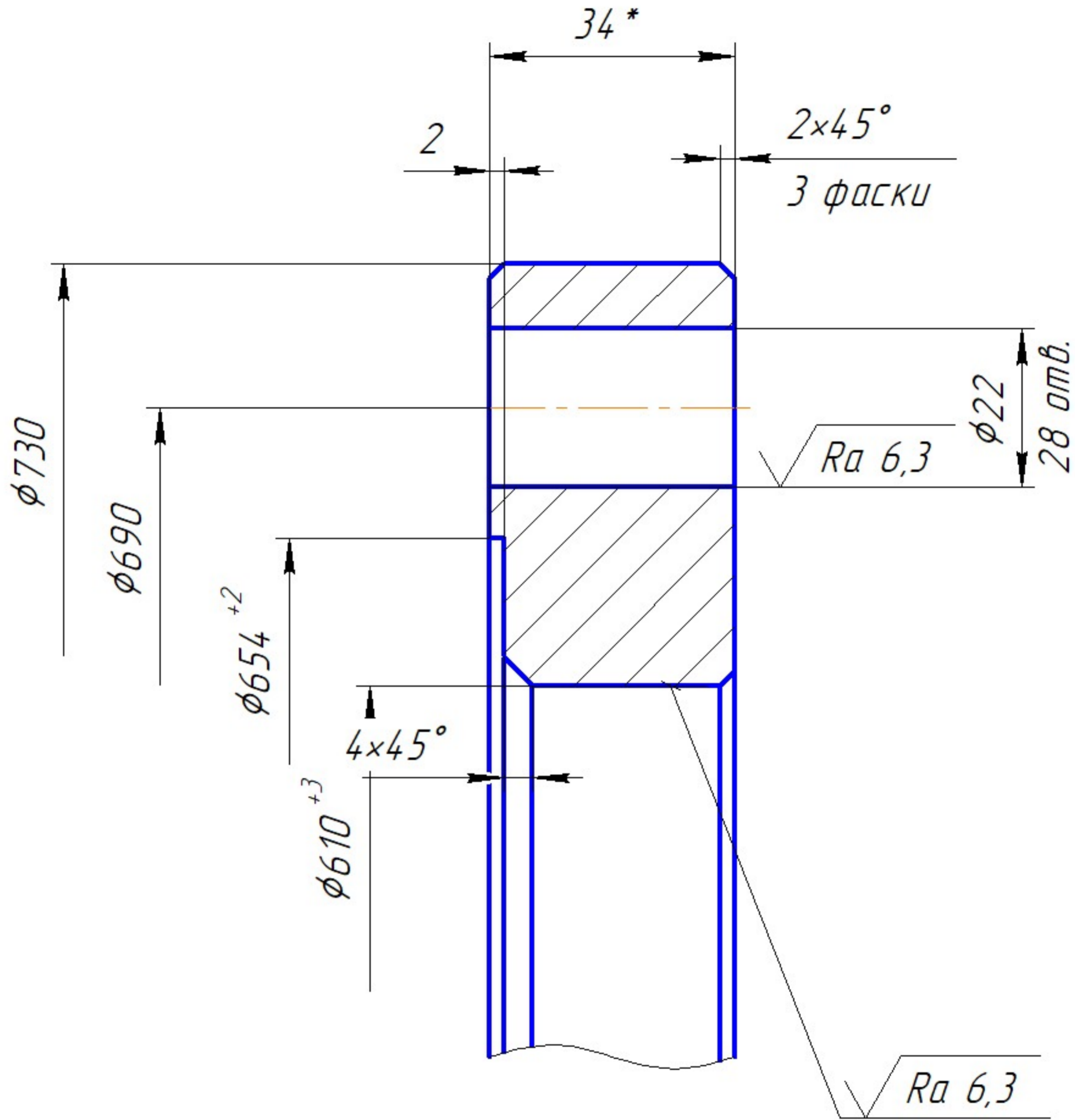


- 1 Разміри для довідок *
- 2 Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - т.

					08-26.МКР.003.01.005			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Патрубок	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Василишен В.В.							1:2
Пров.	Савуляк В.В.							
Т.контр.						Лист	Листов	1
И.контр.	Сердюк О.В.				3 ГОСТ 19904-90			
Утв.	Козлов Л.Г.				Лист 08X18H10 ГОСТ 5582-75			
					ВНТУ, ст.гр. 1ПМ-21М			

08-26.МКР.003.01.009

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$



1 Розміри для довідок *

2 Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - m

08-26.МКР.003.01.009

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Василишен В.В.		
Пров.		Савуляк В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк О.В.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

Фланець кородки

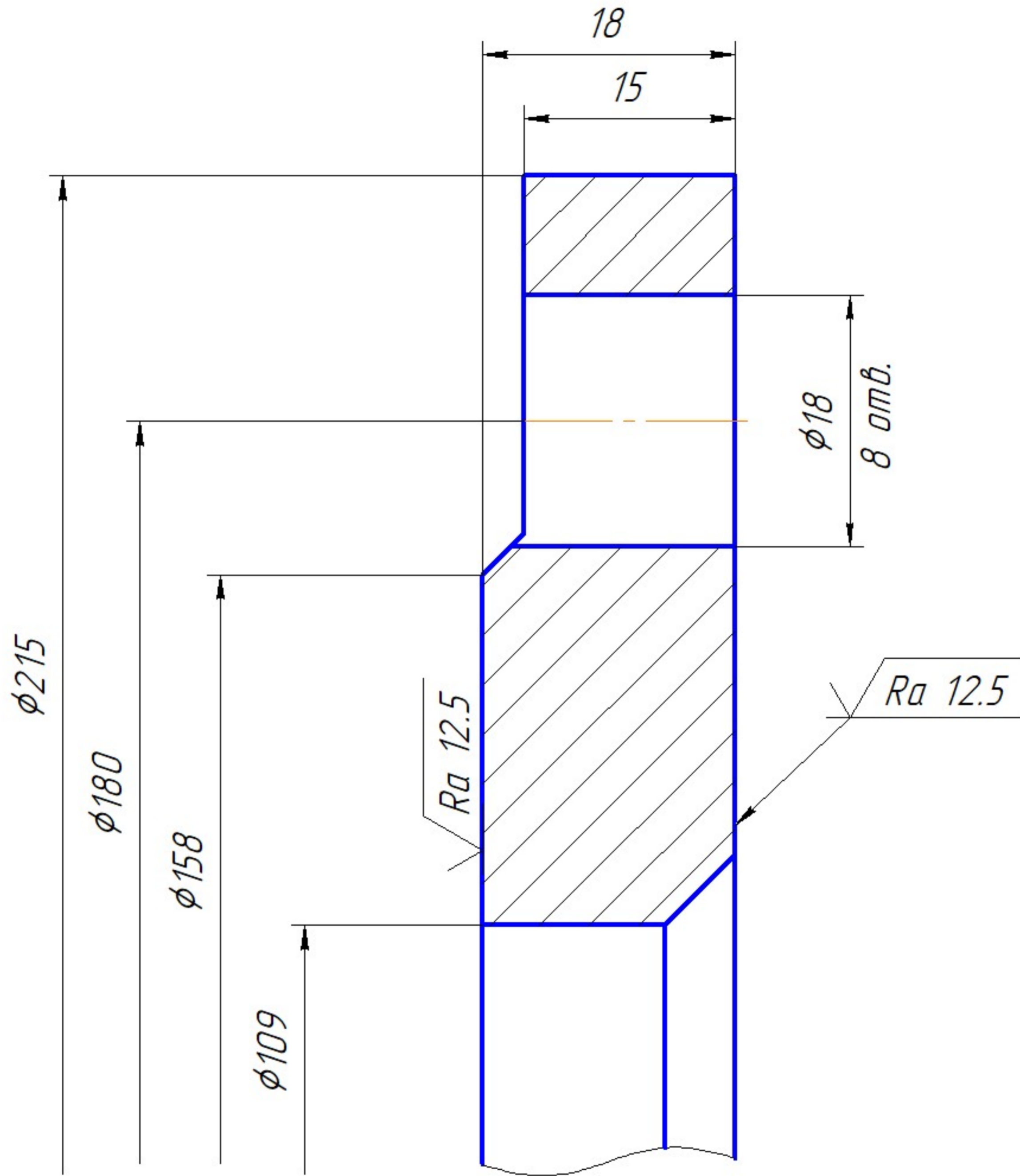
Ст. 3 ГОСТ 14637-89

Лист	Масса	Масштаб
	30	1:1
Лист	Листов	1

ВНТУ, ст.гр. 1ПМ-21М

08-26.МКР.003.01.010

$\sqrt{Ra\ 6.3\ (\checkmark)}$



1 Розміри для довідок *

2 Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - т.

08-26.МКР.003.01.010

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Василишен В.В.		
Пров.		Савуляк В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк О.В.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

Фланець патрубкa

Ст. 3 ГОСТ 14637-89

Лист	Масса	Масштаб
	3,2	2:1
Лист	Листов	1

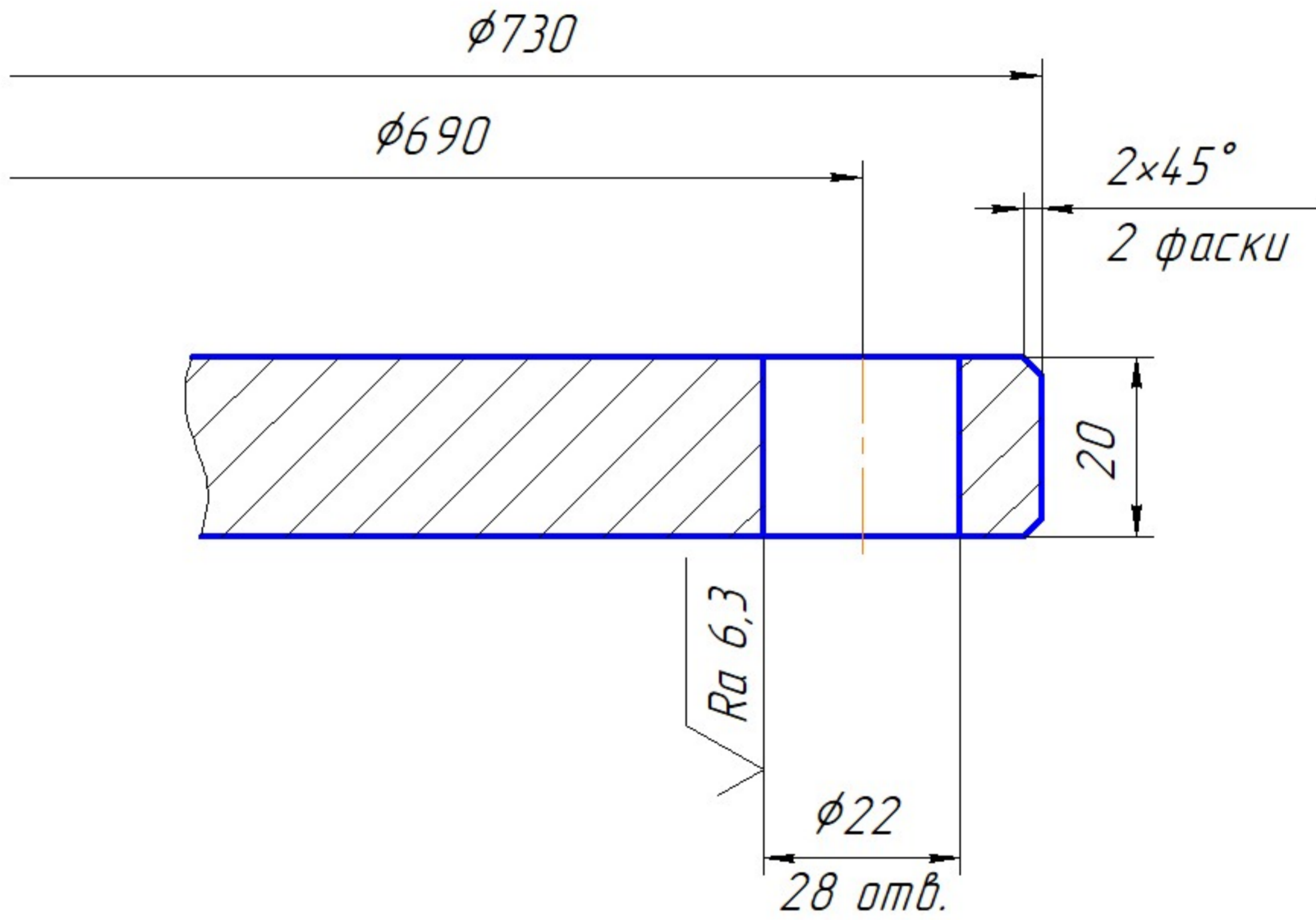
ВНТУ, ст.гр. 1ПМ-21М

08-26.МКР.003.03.001

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

- 1 Разміри для довідок *
- 2 Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - м.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Василишен В.В.		
Пров.		Савуляк В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк О.В.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

08-26.МКР.003.03.001

Кришка

Лист	Масса	Масштаб
	64,6	1:1
Лист	Листов	1

Лист 20 ГОСТ 19903-74
Стэнс ГОСТ 14637-89

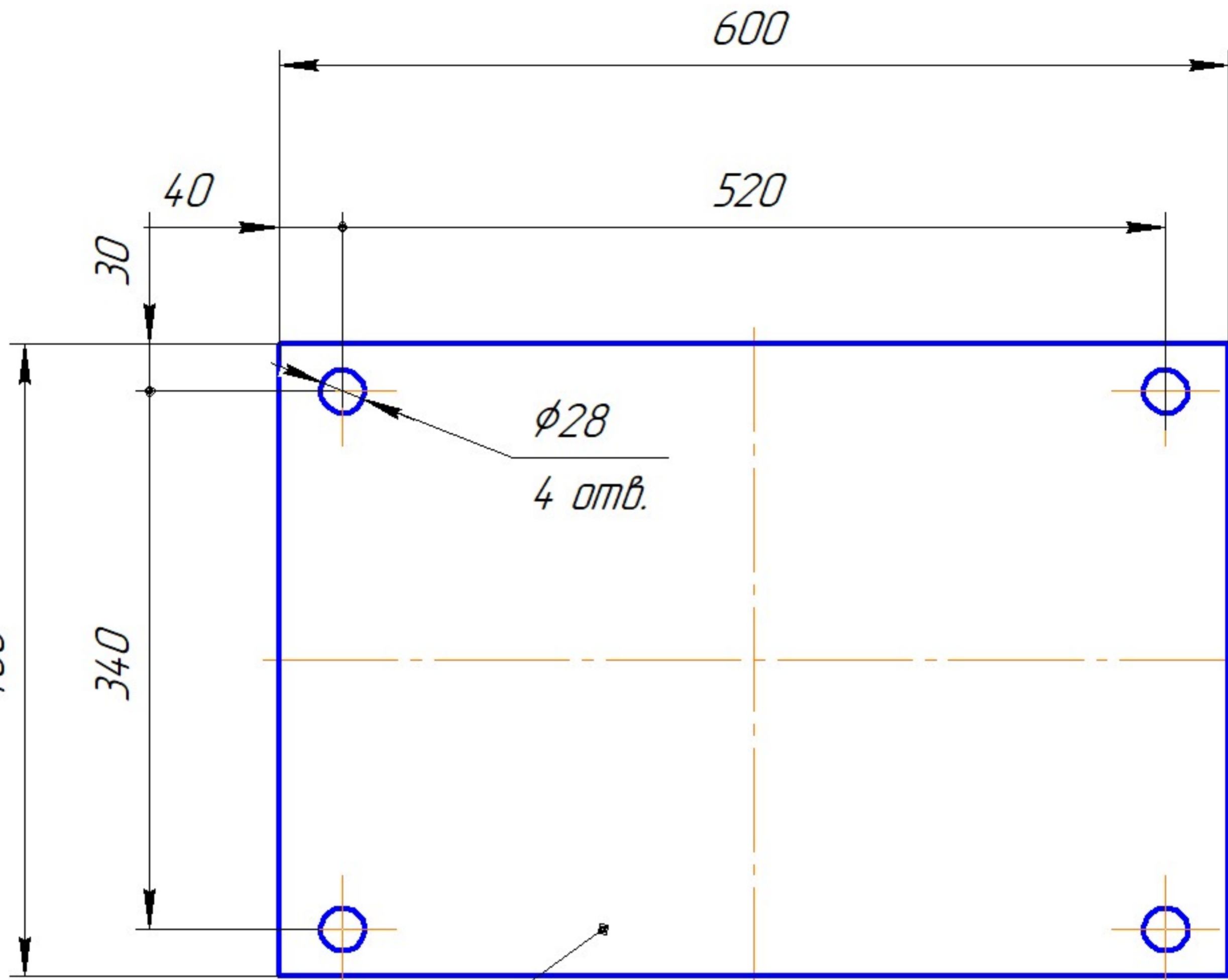
ВНТУ, ст.гр. 1ПМ-21М

08-26.МКР.003.04.002

√ Ra 12.5 (√)

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

- 1 *Разміри для довідок **
- 2 *Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - m*
- 3 *Гострі кромки притупити.*

08-26.МКР.003.04.002

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Василишен В.В.		
Пров.		Савуляк В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк О.В.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

Підшовва

Лист	Масса	Масштаб
	22,3	1:1
Лист	Листов	1

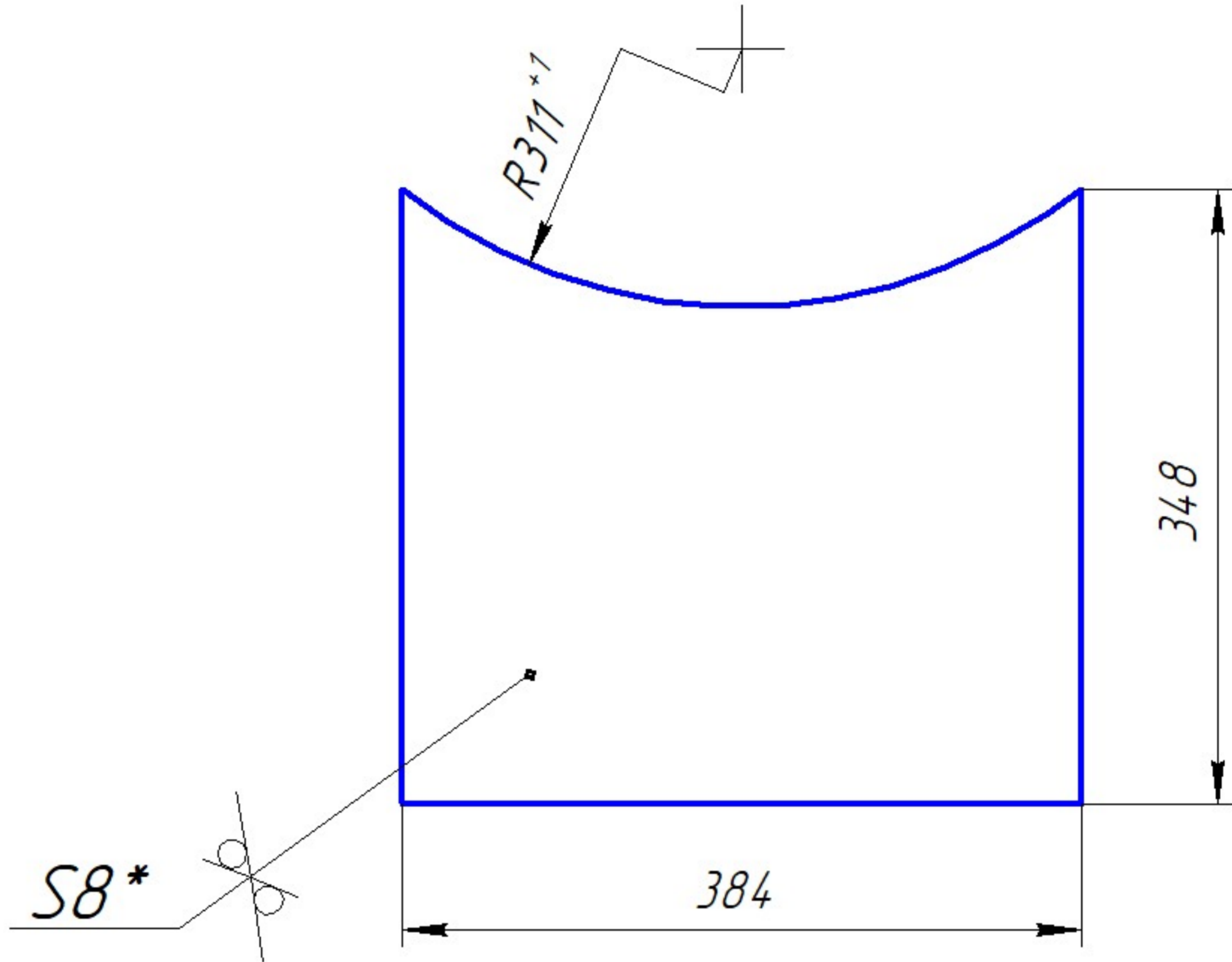
Ст. 3 ГОСТ 14637-89 ВНТУ, ст.зр. 1ПМ-21М

08-26.МКР.003.04.005

$\sqrt{Ra\ 12.5\ (\checkmark)}$

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

- 1 Разміри для довідок *
- 2 Загальні допуски по ГОСТ 30893.1 - 2002 - т
- 3 Гострі кромки притупити.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Василишен В.В.		
Пров.		Савуляк В.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Сердюк О.В.		
Утв.		Козлов Л.Г.		

08-26.МКР.003.04.005

Сідло

Ст. 3 ГОСТ 14637-89

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1
ВНТУ, ст.гр. 1ПМ-21М		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.		
							ККТ	6.00.000	
				<u>Документація</u>					
A3			08-26.МКР.003.01.000.СК	Складальне креслення					
				<u>Складальні одиниці</u>					
		1	08-26.МКР.003.03.000.СК	Кришка	1				
				<u>Деталі</u>					
A4		2	08-26.МКР.003.01.001	Відбортовка	2				
A4		3	08-26.МКР.003.01.002	Кільце приварне	2				
A3		4	08-26.МКР.003.01.003	Обичайка	1				
A4		5	08-26.МКР.003.01.004	Пароніт	2				
A3		6	08-26.МКР.003.01.005	Патрубок	2				
БК		7	08-26.МКР.003.01.006	Планка вертикальна (300x601)	1				
				Лист ^{4 ГОСТ 19904-90} 08x18H10 ГОСТ 5582-75	5,7	к2			
БК		8	08-26.МКР.003.01.007	Планка горизонтальна 1 (300x299)	1				
				Лист ^{4 ГОСТ 19904-90} 08x18H10 ГОСТ 5582-75	2,9	к2			
БК		9	08-26.МКР.003.01.008	Планка горизонтальна 2 (300x274)	2				
				Лист ^{4 ГОСТ 19904-90} 08x18H10 ГОСТ 5582-75	2,6	к2			
A4		10	08-26.МКР.003.01.009	Фланець коробки	2				
A4		11	08-26.МКР.003.01.010	Фланець патрубка	2				
				<u>Стандартні вироби</u>					
		12		Болт М20-6Н ГОСТ 15589-70	28				
		13		Гайка М20-6Н ГОСТ 22354-77	28				
				08-26.МКР.003.01.000					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.		Василишен В.В.							
Пров.		Савуляк В.В.							
Н.контр.		Сердюк О.В.							
Утв.		Козлов Л.Г.							
Коробка водяна вхідна					Лит.	Лист	Листов		
							1		
					ВНТУ, ст.гр. 1ПМ-21М				

