

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інженерно-технічний інститут
імені акад. І.С. Гулого**

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

Сергій БЛАЖЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Олександр ГАВВА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування
освітньо-професійної програми «Інжиніринг фармацевтичних та
біотехнологічних виробництв»

на тему:

**Удосконалення конструкції триколонної центрифуги типу BVG
корисним об'ємом барабана 0,2 м³**

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗОФ-2-3м

Северенчук Віталій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

Керівник

Житнецький Ігор Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут імені акад. І. С. Гулого
Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Освітньо-професійна програма: Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МАХФВ

_____ **Олександр ГАВВА**
“___” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Северенчук Віталій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **Удосконалення конструкції триколонної центрифуги типу BVG корисним об'ємом барабана 0,2 м³**

керівник роботи **Житнецький Ігор Володимирович, доцент, к.т.н.**

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 15.10.2025 р. № 845-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 08.12.2025

3. Вихідні дані до роботи _Продуктивність за субстанцією 200 кг; частота обертання барабана 920 об/хв.; густина продукту 900 кг/м³, динамічна в'язкість 2,07·10⁻³ Па·с.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Анотація (українською та англійською мовами); вступ; аналіз конструкцій триколонних центрифуг типу BVG; об'єкти і методи досліджень; результати моделювання; розрахункова частина; монтаж, ремонт, експлуатація центрифуги; технологія машинобудування; система керування триколонною центрифугою; висновки; список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу:

Креслення: Загальний вид центрифуги; механізм гальмування; вузли центрифуги; технологія машинобудування, система керування.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 15.10.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розділи пояснювальної записки:		
1	Вступ	18.10.2025	виконано
2	Аналіз конструкцій триколонних центрифуг типу BVG	23.10.2025	виконано
3	Об'єкти і методи досліджень	26.10.2025	виконано
4	Результати моделювання	10.11.2025	виконано
5	Розрахункова частина	17.11.2025	виконано
7	Монтаж, ремонт, експлуатація центрифуги	25.11.2025	виконано
8	Технологія машинобудування	27.11.2025	виконано
9	Система керування триколонною центрифугою	30.11.2025	виконано
10	Висновки	02.12.2025	виконано
11	Список використаних джерел	03.12.2025	виконано
12	Презентація та креслення	08.12.2025	виконано

Здобувач

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Віталій СЕВЕРЕНЧУК

(ім'я, прізвище)

Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

Анотація

Тема роботи. Удосконалення конструкції триколонної центрифуги типу BVG корисним об'ємом барабана 0,2 м³

Вступ. Мета досліджень – пошук і оцінка рішень по покращенню конструкції центрифуги. Провести удосконалення конструкції центрифуги, яке вплине на покращення її продуктивності, або автоматизацію в процесах, які відбуваються під час експлуатації центрифуги.

Матеріали і методи. Удосконалення конструкції триколонної центрифуги типу BVG корисним об'ємом барабана 0,2 м³. Імітаційне моделювання процесу фільтрування в центрифугі виконано у програмному пакеті SolidWorks, додаток Flow Simulation.

Результати і обговорення. Елементи центрифуги мають достатній запас міцності, що показало при моделюванні їх роботи. Максимальний тиск (0,718 МПа) спостерігається біля стінок барабана і враховуючи навіть ослаблення обичайки наявністю отворів не створиться небезпечних умов функціонування центрифуги. Конструкція гальмівного пристрою витримує прикладені навантаження (гальмівний момент) з коефіцієнтом запасу міцності - 1,6., згідно проведеного аналізу напружено-деформованого стану гальмівної стрічки. Проведено розрахунки фільтрувальної центрифуги. Для автоматизації частин допоміжних операцій та зменшення кількості ручних операцій пропонується встановлення гідравлічного приводу.

Висновки. Результати досліджень дають можливість зменшити кількість ручних операцій та автоматизувати частину допоміжних операцій. Центрифуга має достатній запас міцності – 1.6, тому гарантується забезпечення безпечних умов праці.

Ключові слова: центрифуга, фільтрування, гідроциліндр, суспензія, гальмівний пристрій.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Житнецький І.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> Себеренчук В.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	24-1867..MP.02.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавда О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Abstract

Topic of the work. Improvement of the design of a three-column centrifuge of the BVG type with a useful drum volume of 0.2 m³

Introduction. The purpose of the research is to search and evaluate solutions for improving the design of the centrifuge. To improve the design of the centrifuge, which will affect the improvement of its performance, or automation in the processes that occur during the operation of the centrifuge.

Materials and methods. Improvement of the design of a three-column centrifuge of the BVG type with a useful drum volume of 0.2 m³ Simulation modeling of the filtration process in the centrifuge was performed in the SolidWorks software package, Flow Simulation application.

Results and discussion. The centrifuge elements have a sufficient margin of safety, which was shown when modeling their operation. The maximum pressure (0.718 MPa) is observed near the walls of the drum and, even taking into account the weakening of the shell due to the presence of holes, dangerous conditions for the operation of the centrifuge will not be created. The design of the brake device withstands the applied load (braking torque) with a safety factor of -1.6., according to the analysis of the stress-strain state of the brake band. Calculations of the filter centrifuge have been carried out. To automate parts of the auxiliary operations and reduce the number of manual operations, it is proposed to install a hydraulic drive.

Conclusions. The results of the research make it possible to reduce the number of manual operations and automate part of the auxiliary operations. The centrifuge has a sufficient safety factor of -1.6, therefore, ensuring safe.

Keywords: centrifuge, filtration, hydraulic cylinder, suspension, brake device.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТРИКОЛОННИХ ЦЕНТРИФУГ ТИПУ BVG	8
1.1. Огляд центрифугального обладнання	8
1.2. Триколонні центрифуги типу BVG та область їх застосування.....	13
1.3. Особливості конструкції центрифуги з корисним об'ємом барабана 0.2м ³	17
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	20
2.1. Об'єкт дослідження.....	20
2.2. Методика імітаційного моделювання.....	28
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ.....	30
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ ФІЛЬТРУВАЛЬНОЇ ЦЕНТРИФУГИ.....	36
4.1. Технологічні розрахунки.....	36
4.2. Розрахунок на міцність обичайки.....	39
4.3. Розрахунок потужності приводу.....	42
РОЗДІЛ 5. МОНТАЖ, РЕМОНТ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЦЕНТРИФУГИ.....	45
5.1. Розміщення і встановлення центрифуги.....	45
5.2. Інструкція з пуску в експлуатацію і технічного обслуговування.....	48
5.3. Інструкція з технічного догляду.....	52
5.4. Ремонт і налагодження центрифуги.....	54
5.5. Обслуговування центрифуги.....	56
РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	59
РОЗДІЛ 7. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТРИКОЛОННОЮ ЦЕНТРИФУГОЮ ТИПУ BVG.....	66
ВИСНОВКИ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71
ДОДАТКИ.....	74

ВСТУП

Фармацевтична промисловість у 2025 році залишається однією з ключових галузей національної економіки України, що безпосередньо впливає на рівень охорони здоров'я населення, економічну стабільність держави та її технологічну незалежність. Після повномасштабних викликів останніх років особливої актуальності набули питання безперервного забезпечення населення лікарськими засобами, розвитку власного виробництва та зменшення залежності від імпорту активних фармацевтичних інгредієнтів.

Визнання фармацевтичної галузі пріоритетною для економіки України, започатковане у 2022 році за ініціативи Міністерства охорони здоров'я, створило передумови для активізації інвестиційних процесів, модернізації виробничих потужностей та впровадження сучасних технологій. Станом на 2025 рік фармацевтична промисловість залишається однією з найбільш продуктивних за показником валової доданої вартості на одного працівника. Ще до початку кризових явищ один працівник галузі створював продукції на суму понад 1,3 млн грн, а також забезпечував мультиплікативний ефект у суміжних галузях, формуючи до 16 додаткових робочих місць. У сучасних умовах цей ефект лише посилюється, що підтверджує стратегічну роль фармацевтичного виробництва для економіки країни.

Незважаючи на складні зовнішні умови, фармацевтичні підприємства України демонструють стабільну інвестиційну активність. Упродовж кризових періодів галузь зберегла позитивну динаміку фінансових надходжень, на відміну від низки інших промислових секторів. Значна частина вітчизняних фармацевтичних компаній у 2025 році продовжує реалізацію інвестиційних програм, спрямованих на оновлення обладнання, підвищення рівня автоматизації та впровадження сучасних стандартів якості.

Особливо важливим є розвиток власного виробництва активних фармацевтичних інгредієнтів, що дозволяє зменшити критичну залежність від імпорту з країн Азії. Потенціал регіонів із розвинутою хімічною промисловістю, зокрема Черкаської та Сумської областей, створює сприятливі умови для формування нових виробничих кластерів і спільних підприємств.

У цьому контексті особливого значення набуває вдосконалення технологічних процесів та модернізація обладнання, яке використовується на етапах синтезу, кристалізації, фільтрації та очищення продуктів. Одним із ключових апаратів, що визначає ефективність і якість виробництва активних фармацевтичних інгредієнтів, є фільтрувальна центрифуга. Саме від її конструктивних особливостей, надійності та енергоефективності залежить стабільність технологічного процесу та відповідність продукції фармакопейним вимогам.

Метою магістерської роботи є удосконалення конструкції триколонної фільтрувальної центрифуги типу BVG з корисним об'ємом барабана 0,2 м³ на основі аналізу її роботи, розрахунків міцності та обчислювального моделювання з метою підвищення ефективності, надійності та зручності експлуатації обладнання у фармацевтичному виробництві.

Об'єктом дослідження є фільтрувальна триколонна центрифуга типу BVG, що використовується для розділення суспензій у процесах виробництва активних фармацевтичних інгредієнтів.

Предметом дослідження є конструктивні елементи та процеси фільтрування і центрифугування в барабані центрифуги, а також їх вплив на міцність, гідродинамічні характеристики та експлуатаційні показники обладнання.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТРИКОЛОННИХ ЦЕНТРИФУГ ТИПУ BVG

1.1. Огляд центрифугального обладнання

Центрифугальне обладнання широко застосовується в хімічній, фармацевтичній, харчовій та суміжних галузях промисловості для розділення неоднорідних систем, що складаються з рідкої та твердої фаз. Основним принципом роботи центрифуг є використання відцентрової сили, яка у багато разів перевищує силу тяжіння та забезпечує інтенсивне розділення компонентів суспензії. У порівнянні з гравітаційними методами осадження, центрифугування дозволяє значно скоротити тривалість процесу та підвищити його ефективність. Завдяки цьому центрифуги є незамінними апаратами в сучасних технологічних схемах. Особливо важливу роль вони відіграють у процесах очищення, кристалізації та зневоднення продуктів. Конструкція центрифуг визначається фізико-хімічними властивостями оброблюваного середовища та вимогами до якості кінцевого продукту. Тому розвиток і вдосконалення центрифугального обладнання залишається актуальним завданням машинобудування.

За конструктивним виконанням і принципом дії центрифуги поділяють на осаджувальні та фільтрувальні. В осаджувальних центрифугах розділення фаз відбувається за рахунок різниці густин, тоді як у фільтрувальних центрифугах додатково використовується фільтрувальна перегородка, через яку проходить рідка фаза. Фільтрувальні центрифуги забезпечують отримання більш сухого осаду та дозволяють проводити промивання твердої фази безпосередньо в барабані.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Життєнецький І.В.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Себеренчук В.М.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		24-1867..MP.02.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавда О.М.</i>	<i>Огляд процесів</i> <i>центрифугування і обладнання</i> <i>для його реалізації</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/17

Це особливо важливо для фармацевтичних і хімічних виробництв, де висуваються підвищені вимоги до чистоти продукту. Конструктивна схема фільтрувальної центрифуги включає барабан, фільтрувальний елемент, привід, підвіску та систему гальмування. Кожен з цих елементів впливає на ефективність і надійність роботи обладнання. Саме тому аналіз конструкцій фільтрувальних центрифуг є необхідним етапом при їх модернізації.

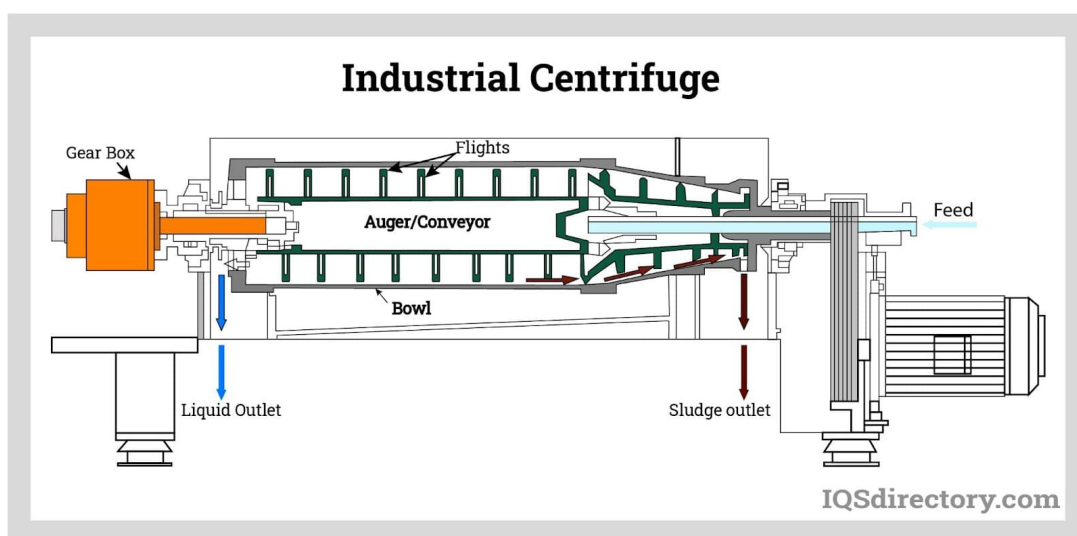
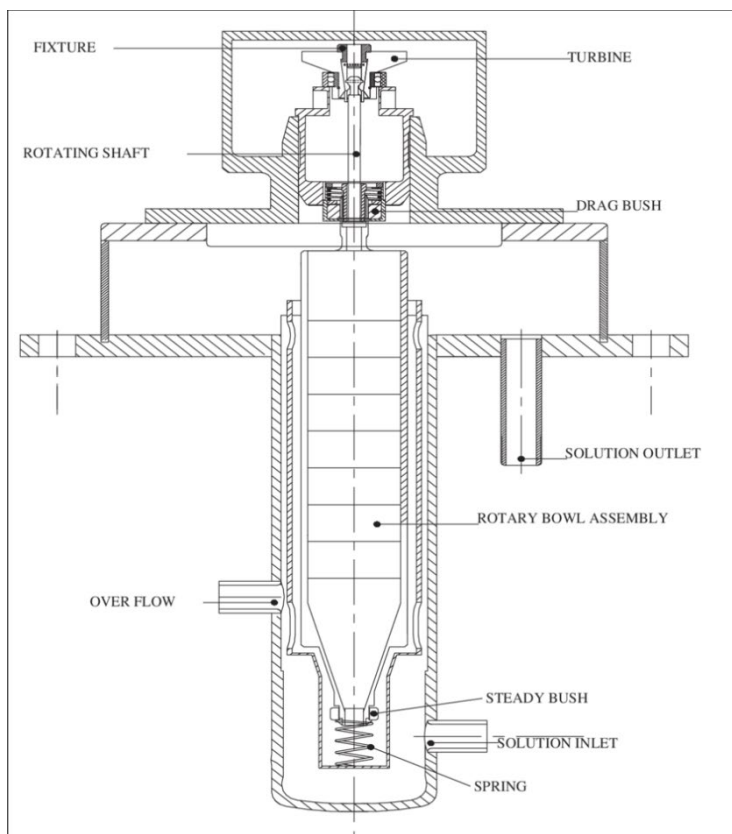


Рис. 1.1 – Принципова схема фільтрувальної центрифуги та принцип її роботи

Особливе місце серед фільтрувальних центрифуг займають триколонні центрифуги типу BVG, які відзначаються високою механічною стійкістю та можливістю роботи в умовах значних динамічних навантажень. Основною особливістю таких центрифуг є підвіска барабана та корпусу на трьох вертикальних колонах, що забезпечує рівномірний розподіл навантажень і зменшення вібрацій. Така схема підвіски підвищує надійність обладнання при роботі на високих частотах обертання. Крім того, триколонні центрифуги можуть виготовлятися в герметичному виконанні, що дозволяє застосовувати їх у вибухонебезпечних середовищах або при роботі з агресивними речовинами. Конструкція центрифуг типу BVG передбачає можливість використання інертних газів у робочому просторі. Це розширює сферу їх застосування у фармацевтичному та хімічному виробництві. Таким чином, триколонні центрифуги є універсальними апаратами для складних технологічних процесів.

З точки зору експлуатації центрифуги типу BVG мають як переваги, так і певні недоліки. До переваг належать висока надійність, стійкість до корозії, можливість роботи з різними типами суспензій та значний строк служби. Водночас конструкції класичних моделей не завжди відповідають сучасним вимогам щодо автоматизації та зручності обслуговування. Зокрема, процеси завантаження, розвантаження та очищення часто виконуються з використанням ручної праці. Це зумовлює необхідність удосконалення конструктивних рішень з метою підвищення продуктивності та безпеки експлуатації. Саме тому аналіз існуючих конструкцій триколонних центрифуг типу BVG є важливою передумовою для розроблення напрямків їх модернізації.

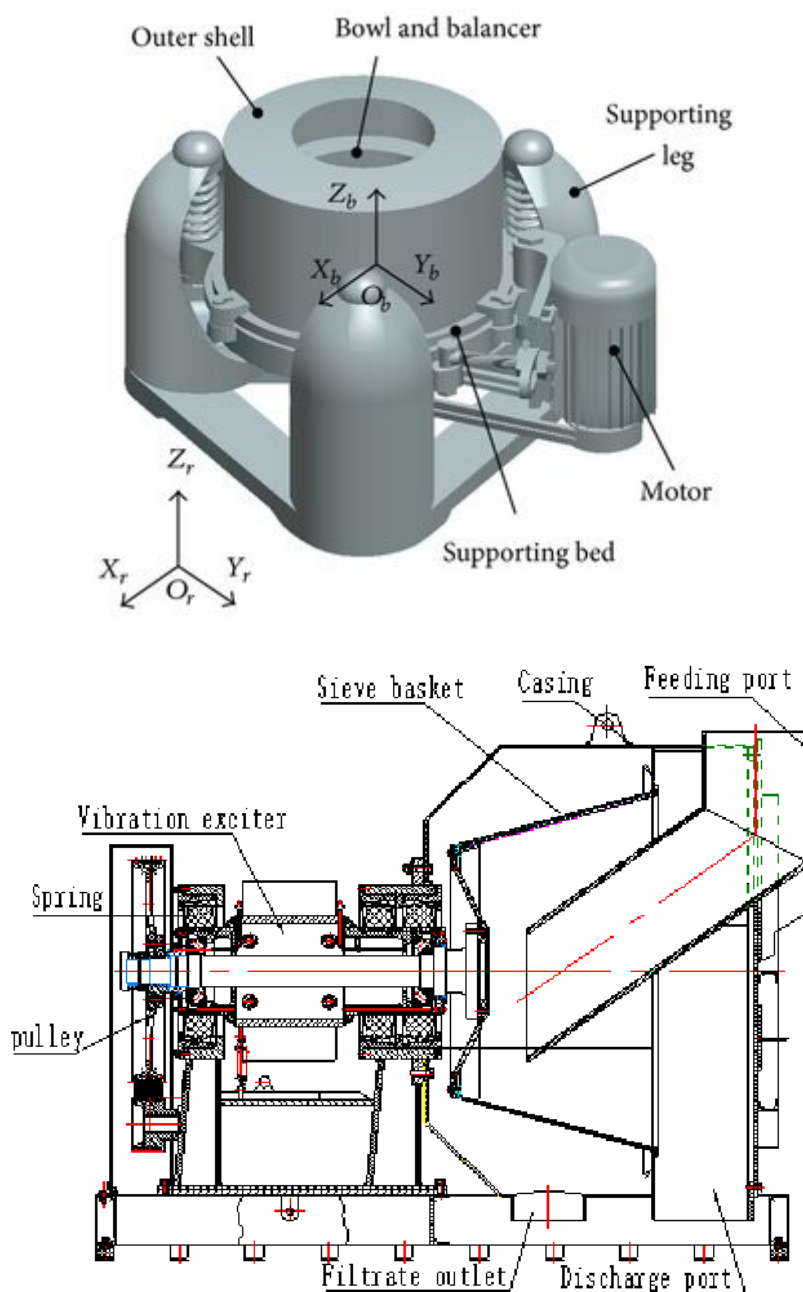


Рис. 1.2 – Конструктивна схема триколонної фільтрувальної центрифуги типу BVG

Отже, наведена на рис. 1.2 конструктивна схема триколонної фільтрувальної центрифуги типу BVG наочно відображає основні вузли та принципову компоновку обладнання. Триколонна система підвіски забезпечує рівномірний розподіл навантажень і зниження вібрацій під час роботи центрифуги. Поєднання перфорованого барабана з фільтрувальною перегородкою та механічного приводу створює умови для ефективного

відцентрового фільтрування суспензій. Представлена схема дозволяє оцінити взаємозв'язок між основними конструктивними елементами центрифуги та їх вплив на експлуатаційні характеристики. Таким чином, аналіз конструктивної схеми є основою для подальшого розгляду особливостей триколонних центрифуг типу BVG та обґрунтування напрямків їх удосконалення.

1.2. Триколонні центрифуги типу BVG та область їх застосування

Триколонні фільтрувальні центрифуги типу BVG належать до класу машин періодичної дії, призначених для розділення суспензій на тверду та рідку фази методом відцентрового фільтрування. Їх конструктивною особливістю є підвіска барабана і корпусу на трьох вертикальних колонах, що забезпечує підвищену жорсткість системи та рівномірний розподіл динамічних навантажень під час роботи. Така схема дозволяє ефективно знижувати рівень вібрацій при високих частотах обертання барабана, що є особливо важливим для обладнання з великим діаметром і масою обертових елементів. Центрифуги типу BVG можуть працювати як у звичайному, так і в герметичному виконанні. Це дає змогу застосовувати їх у вибухонебезпечних або токсичних середовищах. Конструкція центрифуг передбачає можливість інертизації робочого простору, що підвищує рівень безпеки експлуатації. Завдяки цим властивостям триколонні центрифуги BVG широко використовуються в промислових технологічних процесах.

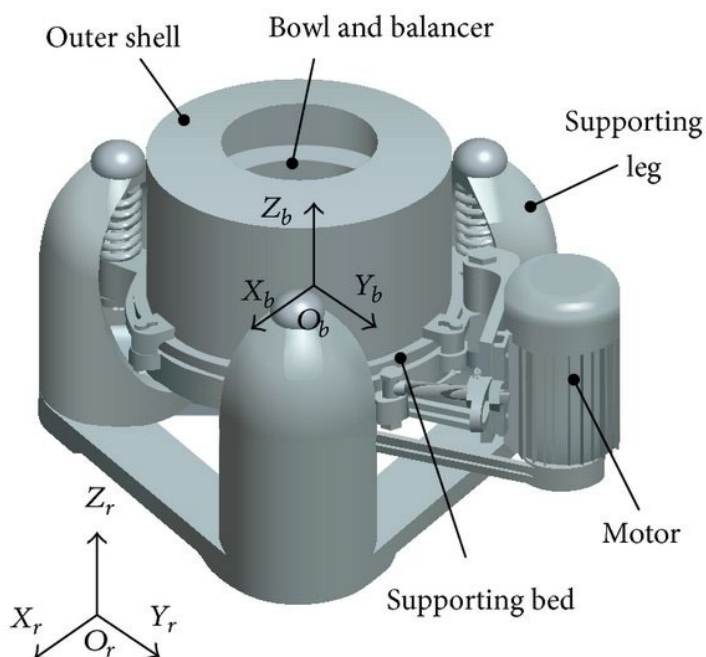


Рис. 1.3 – Принципова схема триколонної фільтрувальної центрифуги типу BVG

Конструкція триколонної центрифуги включає барабан з фільтрувальною перегородкою, підвішений на системі тяг, корпус з захисним кожухом, привід з електродвигуном і клинопасовою передачею, а також гальмівний механізм. Барабан, як правило, виготовляється з корозійностійкої сталі та має перфоровану обичайку, через яку відбувається відведення фільтрату. Наявність знімного фільтрувального мішка дозволяє здійснювати ефективне фільтрування та промивання осаду безпосередньо в барабані. Підвіска на трьох колонах забезпечує самовстановлення барабана під час обертання, що зменшує вплив нерівномірного завантаження. Гальмівний механізм використовується для швидкої та контрольованої зупинки ротора після завершення технологічного циклу. Привід центрифуги забезпечує плавний розгін до номінальної частоти обертання. Усі ці елементи формують надійну та технологічно ефективну конструкцію.

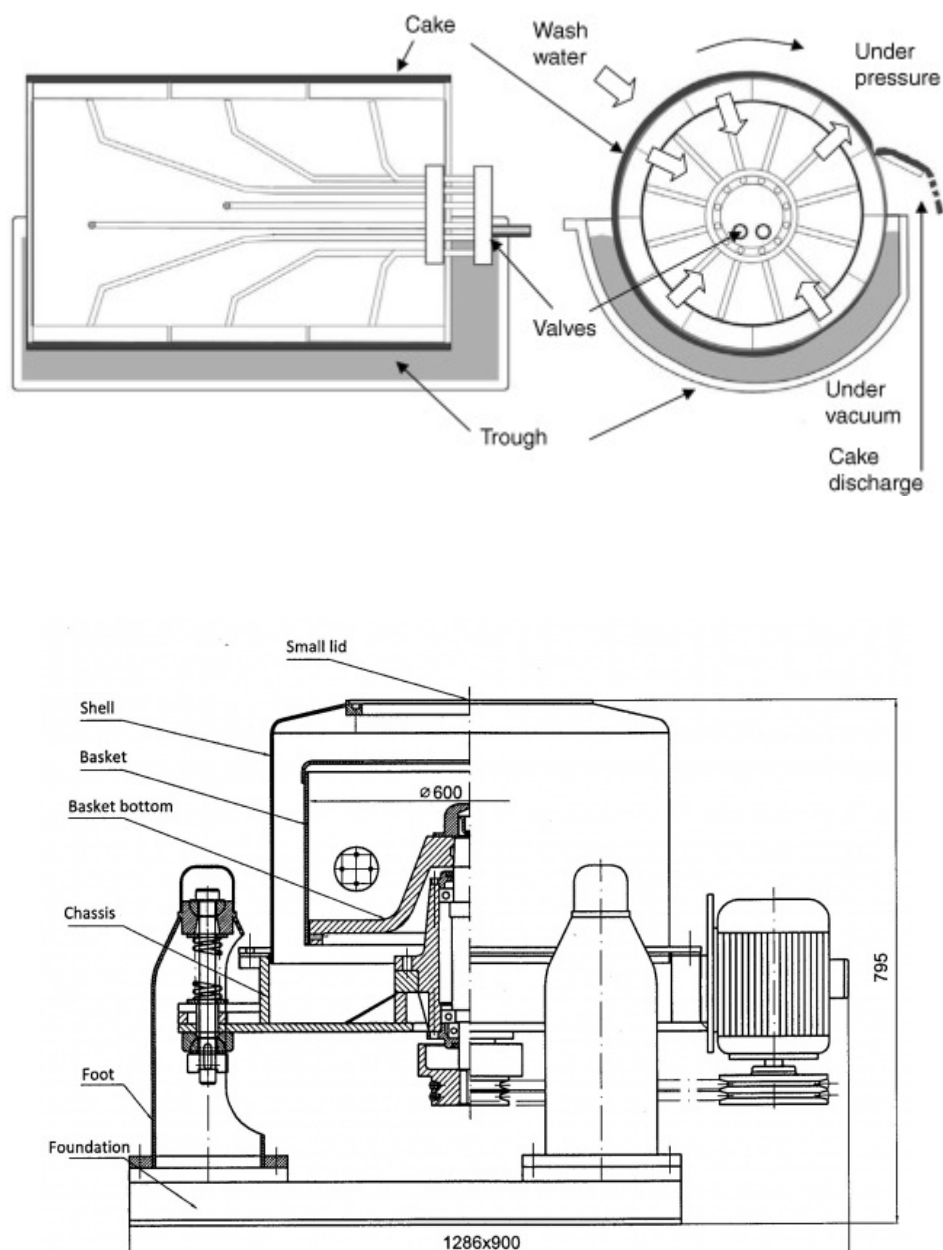


Рис. 1.4 – Конструкція барабана фільтрувальної центрифуги з фільтрувальною перегородкою

Триколонні центрифуги типу BVG знайшли широке застосування в хімічній, фармацевтичній, харчовій та біотехнологічній промисловості. У хімічному виробництві вони використовуються для зневоднення та очищення кристалічних продуктів після синтезу або кристалізації. У фармацевтичній галузі центрифуги цього типу застосовуються для отримання активних фармацевтичних інгредієнтів високого ступеня чистоти, що потребує

дотримання суворих санітарних та технологічних вимог. Харчова промисловість використовує такі центрифуги для розділення суспензій і паст з метою отримання стабільного та безпечного продукту. Можливість промивання осаду в барабані дозволяє значно підвищити якість кінцевої продукції. Герметичне виконання розширює сферу застосування обладнання в умовах підвищеної небезпеки. Саме універсальність і надійність визначають попит на центрифуги типу BVG.



Рис. 1.5 – Основні галузі застосування триколонних центрифуг типу BVG

Отже, триколонні фільтрувальні центрифуги типу BVG є високонадійним і універсальним обладнанням для розділення суспензій у різних галузях промисловості. Їх конструктивні особливості забезпечують стабільну роботу при значних динамічних навантаженнях і високих частотах обертання. Можливість герметичного виконання та інертизації робочого простору суттєво розширює область застосування центрифуг. Водночас

класичні конструкції потребують подальшого вдосконалення з точки зору автоматизації та зручності обслуговування.

1.3. Особливості конструкції центрифуги з корисним об'ємом барабана 0.2м³

Фільтрувальна триколонна центрифуга з корисним об'ємом барабана 0,2 м³ належить до машин періодичної дії та призначена для розділення суспензій із підвищеними вимогами до якості осаду і фільтрату. Обраний корисний об'єм барабана є компромісним між продуктивністю обладнання та допустимими динамічними навантаженнями, що виникають під час роботи при високих частотах обертання. Такий об'єм дозволяє забезпечити ефективне відцентрове фільтрування без надмірного збільшення маси ротора та навантаження на підвіску і фундамент. Конструкція центрифуги з об'ємом 0,2 м³ орієнтована на використання в хімічному та фармацевтичному виробництві, де важливими є стабільність режимів, герметичність і можливість промивання осаду. Особливістю даної конструкції є поєднання компактних габаритів із достатнім запасом міцності основних елементів. Це підтверджується подальшими розрахунками та результатами чисельного моделювання. Таким чином, вибір корисного об'єму барабана безпосередньо впливає на конструктивні рішення всієї центрифуги.

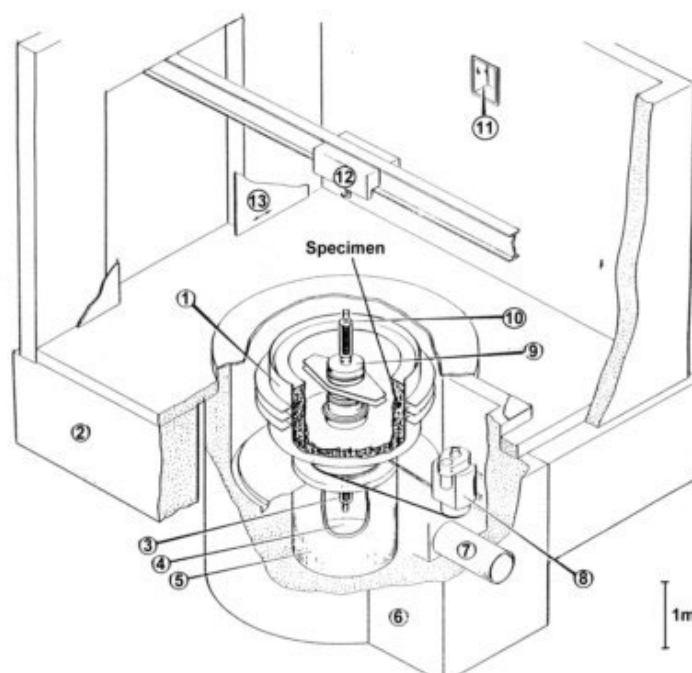


Рис. 1.9 – Креслення барабана фільтрувальної центрифуги з корисним об'ємом 0,2 м³

Барабан центрифуги має циліндричну форму з перфорованою обичайкою, на внутрішній поверхні якої розміщується фільтрувальний мішок. Діаметр і висота барабана підбрані таким чином, щоб забезпечити необхідний корисний об'єм при збереженні сприятливого співвідношення геометричних параметрів. Перфорація обичайки забезпечує рівномірний відвід фільтрату по всій поверхні та сприяє формуванню однорідного шару осаду. Разом з тим наявність отворів зумовлює локальне ослаблення стінки барабана, що потребує врахування при розрахунках міцності. Саме тому в роботі виконано аналіз напружено-деформованого стану обичайки з урахуванням реальних умов навантаження. Конструкція барабана передбачає можливість швидкого зняття фільтрувального мішка, що спрощує обслуговування та очищення. Такі рішення є важливими для підвищення експлуатаційної зручності обладнання. Загалом конструкція барабана відповідає вимогам сучасного центрифугального обладнання.

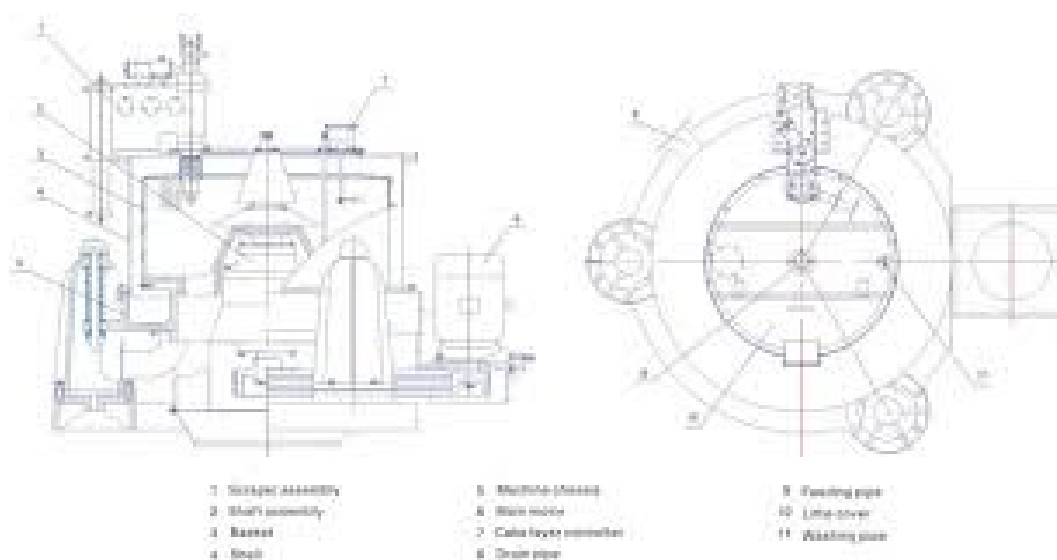


Рис. 1.10 – Загальне складальне креслення триколонної центрифуги з барабаном об’ємом 0,2 м³

Несуча система центрифуги виконана у вигляді триколонної підвіски, яка забезпечує рівномірний розподіл навантажень між опорними елементами. Три вертикальні колони сприймають як статичні, так і динамічні навантаження, що виникають під час розгону, усталеного обертання та гальмування ротора. Така схема підвіски сприяє самовстановленню барабана і зменшенню впливу нерівномірного завантаження суспензії. Особливістю конструкції є використання кульових шарнірів у вузлах підвіски, що знижує концентрацію напружень і підвищує довговічність елементів. Для центрифуги з об’ємом 0,2 м³ це має особливе значення, оскільки навіть незначні дисбаланси можуть призводити до підвищених вібрацій. Саме триколонна схема дозволяє ефективно компенсувати ці явища. Це робить конструкцію стійкою та надійною в умовах тривалої експлуатації. Вибір такої схеми є обґрунтованим з точки зору міцності та експлуатаційної безпеки.

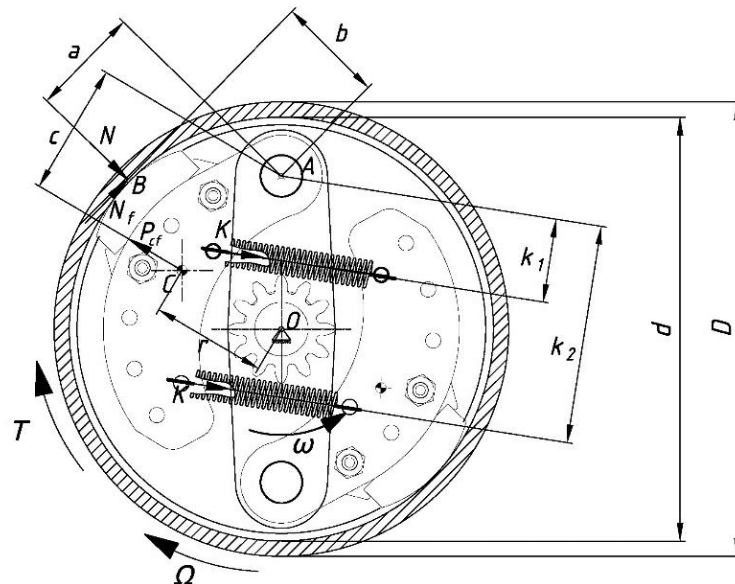
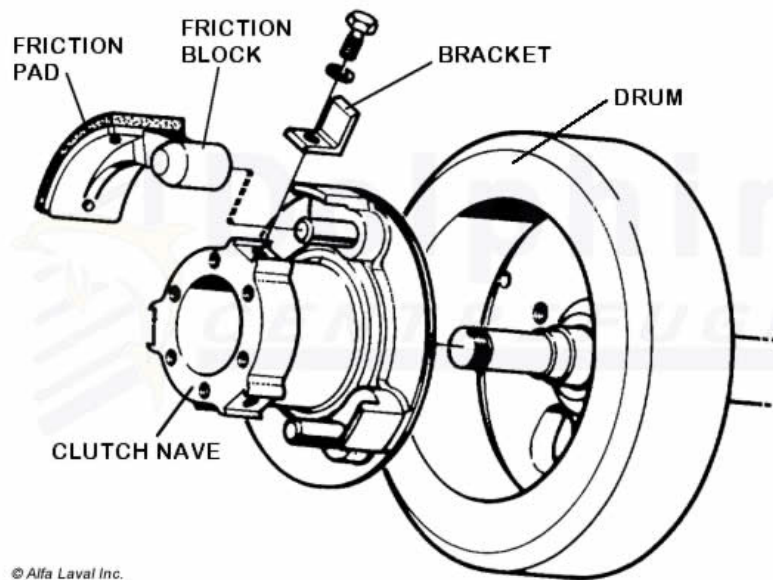


Рис. 1.11 – Креслення приводу та гальмівного механізму центрифуги з барабаном об'ємом 0,2 м³

Таким чином, конструкція фільтрувальної триколонної центрифуги з корисним об'ємом барабана 0,2 м³ поєднує в собі компактність, механічну міцність і технологічну ефективність. Геометричні параметри барабана, схема підвіски та виконання приводу забезпечують стабільну роботу обладнання при заданих режимах. Разом з тим аналіз конструктивних особливостей показує доцільність подальшого вдосконалення центрифуги з метою підвищення зручності обслуговування та рівня автоматизації.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкт дослідження

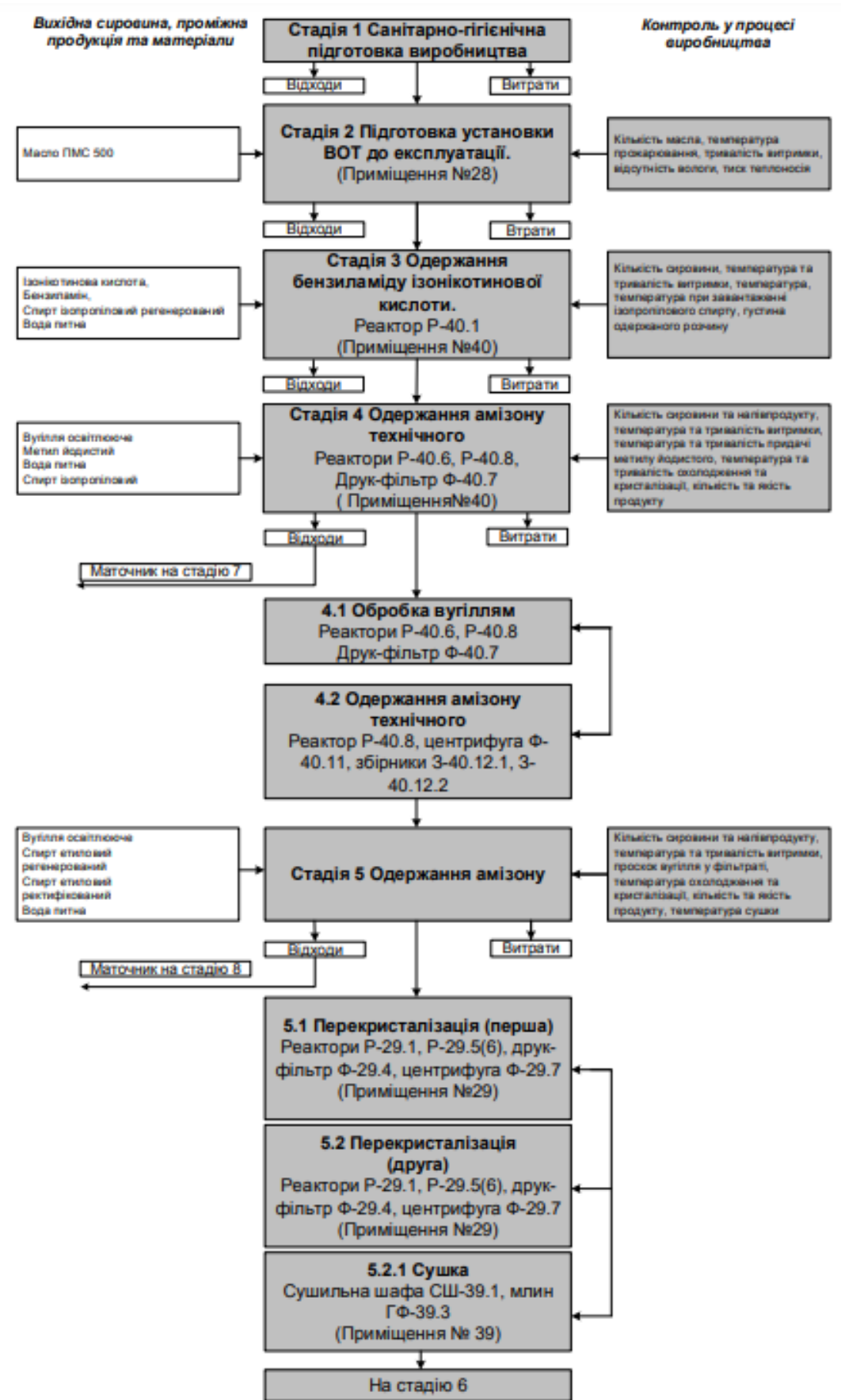
Об'єктом досліджень є процес розділення суспензій у фільтрувальній триколонній центрифугі типу BVG з корисним об'ємом барабана 0,2 м³.

Предметом дослідження є конструктивні елементи фільтрувальної центрифуги, а також режими її роботи, що визначають ефективність процесів відцентрового фільтрування, зневоднення та промивання осаду.

Основні етапи процесу розділення та очищення продукту в промислових умовах із використанням фільтрувальних центрифуг наведені на рис. 2.1. Однією з ключових стадій, що визначає якість кінцевого продукту, є його очищення шляхом центрифугування після стадії кристалізації. Саме на цьому етапі забезпечується відділення твердої фази від маточного розчину, формується вологість осаду, а також зберігаються фізико-хімічні та технологічні характеристики продукту, зокрема розмір і форма кристалів, сипкість та залишковий вміст домішок.

Правильно підібрані конструктивні та режимні параметри фільтрувальної центрифуги істотно впливають не лише на ступінь очищення продукту, але й на загальний вихід цільової речовини, продуктивність обладнання та енергоефективність технологічного процесу. У промислових умовах для отримання продукту фармакопейної якості широко застосовують триколонні фільтрувальні центрифуги типу BVG, які забезпечують ефективне відцентрове фільтрування, промивання та зневоднення кристалічного осаду (рис. 2.1).

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Житнецький І.В.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> <i>Себеренчук В.М.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		24-1867..MP.02.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавда О.М.</i>	<i>Розрахунки фільтрувальної центрифуги</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/10



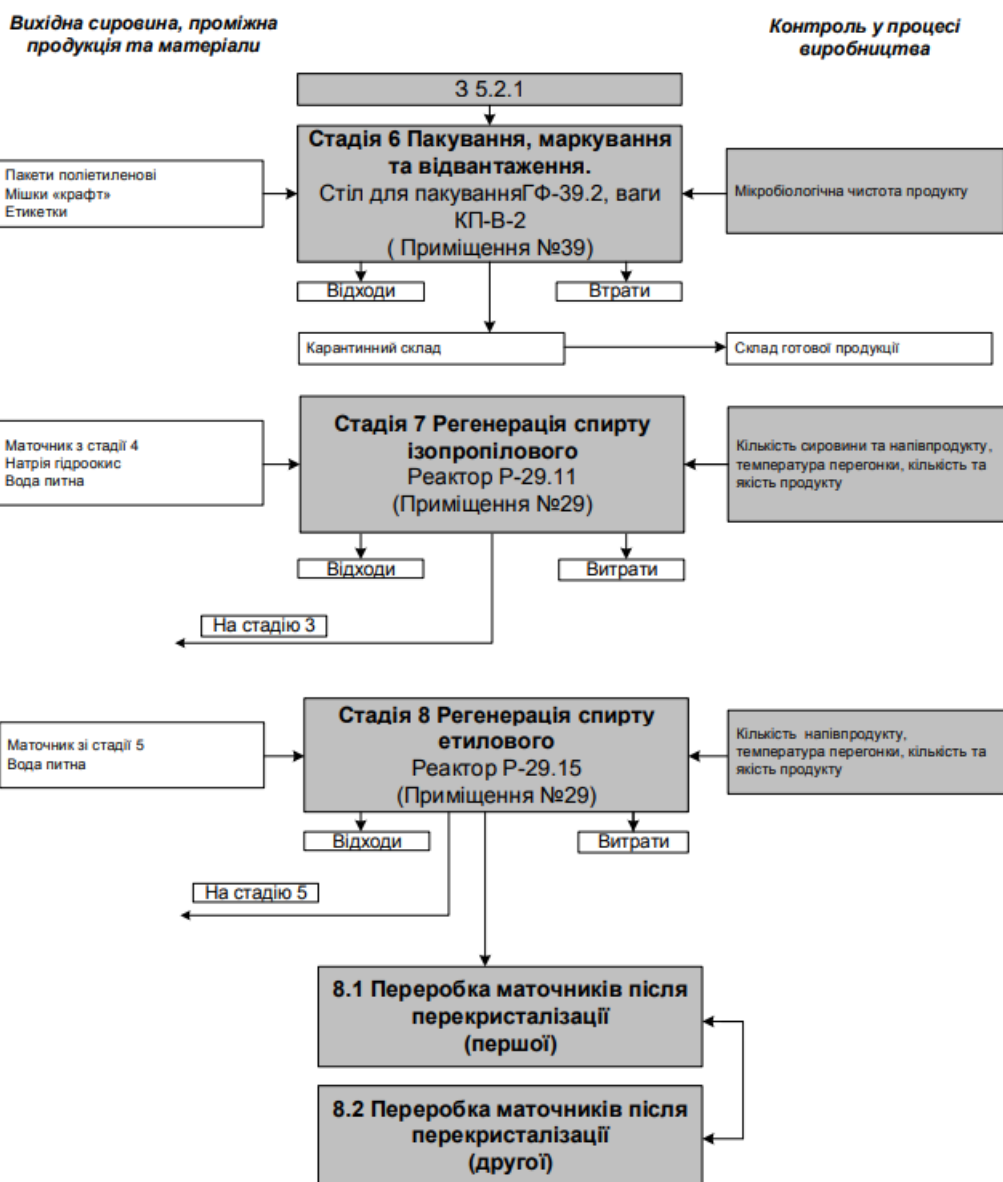


Рис.2.1. Технологічна схема промислового синтезу амізону зі змінами, запропонованими Кушніруком В.М. [11]

У корозійностійкий реактор об'ємом 1400 л, оснащений якірною мішалкою, термометром та зворотним холодильником, завантажують 282 кг технічного продукту та 830 л 90%-го етанолу. Реакційну масу нагрівають до температури 80–85 °С, після чого вводять 2 кг активованого вугілля і витримують суміш протягом 30 хв при постійному перемішуванні. Далі гарячу реакційну масу під тиском фільтрують через мішечний друк-фільтр для видалення активованого вугілля.

Очищений розчин направляють у реактор-кристалізатор з корозійностійкої сталі об'ємом 1400 л, обладнаний рамною мішалкою з тефлоновими шкребками. Масу витримують, забезпечуючи її поступове самоохолодження при перемішуванні до температури 40–45 °С. Після цього реактор додатково охолоджують заохолодженою водою до 10–15 °С та витримують упродовж 2 годин для завершення процесу кристалізації.

Отриману кристалічну суспензію піддають розділенню за допомогою фільтрувальної триколонної центрифуги типу BVG. Осад промивають 188 мл 96%-го етанолу та здійснюють віджимання протягом 1 години при частоті обертання барабана 900 об/хв.

Кристалізація є одним з ключових процесів хімічного виробництва, внаслідок якого утворюється суспензія, що складається з твердої та рідкої фаз. Для розділення таких гетерогенних систем у промислових умовах найбільш ефективним методом є центрифугування з використанням фільтрувальних центрифуг. Застосування седиментації, хоча й можливе, значно збільшує тривалість процесу та є неприйнятним для більшості технологічних схем. У зв'язку з цим забезпечення ефективної роботи фільтрувальної центрифуги має вирішальне значення для якості та продуктивності виробництва.

Після центрифугування отримують продукт із залишковим вмістом вологи 2–3 % у кількості близько 240 кг. Після стадії сушіння вихід фармакопейного продукту становить 234 кг. Насипна густина продукту складає 0,8–0,85 кг/л, розмір частинок за показником D90 становить 100–120 мкм, а загальний вихід фармакопейної продукції дорівнює 82 %.

Для фільтрації активованого вугілля застосовується фільтрувальний мішок діаметром 180 мм і висотою 810 мм з площею фільтрації 0,48 м² та діаметром пор 0,2 мкм. У центрифuzі використовується фільтрувальний матеріал типу «синя стрічка» з розміром пор 2–3 мкм.

Основними галузями застосування триколонної центрифуги є хімічна та фармацевтична промисловості, де вона використовується для розділення гетерогенних систем типу «тверда фаза – рідина».

Триколонна фільтрувальна центрифуга типу BVG С 10-А являє собою обертову машину, призначену для поділу суспензій на рідку та тверду фази шляхом відцентрового фільтрування. У процесі центрифугування тверда фаза може перебувати як у кристалічному, так і в аморфному стані, при цьому характерні розміри частинок зазвичай знаходяться в межах від 20 мкм до 3–4 мм. У окремих технологічних випадках допускається обробка матеріалів з іншими розмірами твердих частинок.

Центрифуга забезпечує ефективну роботу за умови рівномірного розподілу суспензії під час обертання барабана, що дозволяє здійснювати завантаження матеріалу без зупинки машини. Не допускається використання центрифуги для суспензій, що містять сторонні включення, зокрема металеві предмети, каміння, деревину або інші тверді частинки, схильні до утворення грудок, оскільки це може призвести до порушення нормальної роботи обладнання.

Конструктивне виконання центрифуги BVG С 10-А (рис. 2.2) дає змогу застосовувати її для фільтрування матеріалів, під час обробки яких можливе утворення вибухонебезпечних парів або газів, а також у виробничих приміщеннях, де неможливо повністю виключити їх наявність у навколишньому середовищі.

Герметичне виконання центрифуги та можливість експлуатації її робочого простору в атмосфері інертних газів забезпечують відповідність вимогам технологічної безпеки, охорони праці та санітарно-гігієнічних норм, що є особливо важливим для підприємств хімічної та фармацевтичної галузей.

Для забезпечення корозійної стійкості поверхні центрифуги, які контактують з агресивними середовищами, виготовляються з кислототривкої сталі марки КО 35 (MSZ 4360) або облицьовуються відповідними листовими матеріалами. За своїми властивостями ця сталь відповідає таким маркам, як DIN 1.4571 (X10CrNiMoTi 18-10) та X17H13M2T згідно з ГОСТ 5632-72, що забезпечує надійну та довготривалу експлуатацію обладнання.

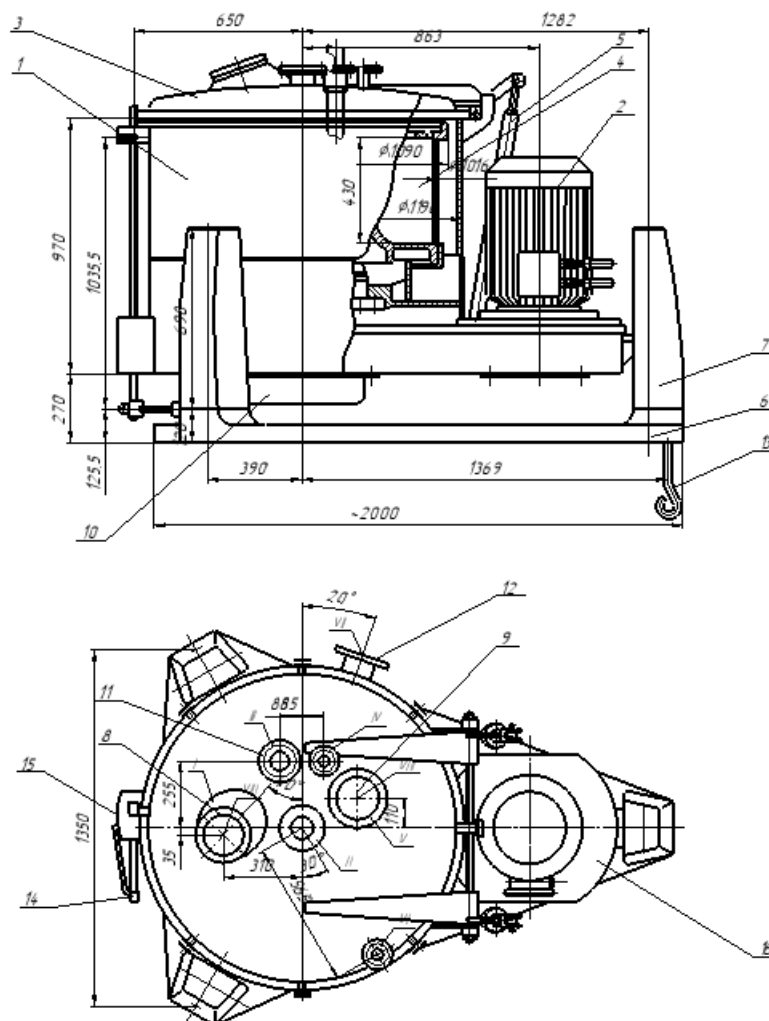


Рис. 2.2. Центрифуга BVG C 10-A

Центрифуга типу BVG C 10-A є вибухобезпечною триколонною фільтрувальною центрифугою кислотривкого виконання з верхнім розвантаженням осаду за допомогою знімного фільтрувального мішка. Нерухома та обертова частини машини підвішені на трьох вертикальних тягах із високоміцної сталі, які спираються на чавунні колони, закріплені в чавунній рамі основи.

Барабан центрифуги має вертикальне розташування і обертається за годинниковою стрілкою (при огляді зверху). Він оснащений чавунним днищем та облицьований кислотривким листом, при цьому обичайка барабана і комір виготовлені зі сталі марки X17H13M2T. Обичайка барабана перфорована отворами діаметром 5 мм, що забезпечує ефективне відведення фільтрату.

Комір барабана разом із фільтрувальним мішком виконаний знімним і може бути демонтований з центрифуги. Його кріплення до бортового кільця барабана здійснюється за допомогою швидкокороз'ємного затвора. Конструкція центрифуги передбачає можливість використання двох змінних комірів, що дозволяє істотно скоротити допоміжний час, необхідний для розвантаження та підготовки обладнання до наступного циклу роботи. Захисний кожух і збірник рідини виконані у вигляді нероз'ємного зварного вузла, при цьому всі поверхні, що контактують з рідиною, облицьовані кислототривким матеріалом. Відкриття і закриття кришки кожуха полегшується за рахунок використання пружинного телескопічного механізму.

Кришка центрифуги оснащена патрубками для завантаження матеріалу, промивання осаду та відсмоктування парів, а також оглядовими та освітлювальними віконцями і патрубком для подачі інертного газу. Привід центрифуги здійснюється від електродвигуна, розташованого збоку машини, через клинопасову передачу. Клинопасові ремені та гальмівний механізм розміщені у герметичному коробі, що перебуває під тиском.

Відповідно до вимог стандарту MSZ 4814/2, центрифуга має клас захищеності Rb-n III; G4. Робочий простір центрифуги та підшипникова підвіска можуть експлуатуватися в атмосфері інертного газу, що забезпечує додатковий рівень безпеки під час роботи з вибухонебезпечними або хімічно активними середовищами.

Максимальна кількість матеріалу, що обробляється (у вологому стані) – 1960 Н

Максимальна частота обертання барабана – 940 об/хв

Діаметр барабана – 1000 мм

Висота барабана – 450 мм

Фактор розділення – 385

Корисний об'єм барабана – 200 дм³

Матеріал деталей, що контактують з оброблюваним середовищем – X17H13M2T

Електродвигун – RZRP 180 M/4, потужність 15 кВт, частота обертання 1475 об/хв

Клас захищеності – Rb-n III; G4

Герметичне виконання – можливість інертизації\

Вага центрифуги – 25 990 Н

Центрифуга повинна бути оснащена справним і швидкодіючим гальмівним пристроєм, а також елементами, що забезпечують зниження рівнів шуму та вібрацій під час експлуатації. Система керування центрифугою містить блокувальний механізм, який унеможливує одночасне вмикання електродвигуна та гальмівного пристрою, що підвищує рівень експлуатаційної безпеки.

2.2. Методика імітаційного моделювання

У даній роботі виконано обчислювальне моделювання процесу фільтрування суспензії у фільтрувальній центрифугі з використанням програмного середовища SolidWorks та модуля Flow Simulation.

Програмний комплекс SolidWorks є сучасною системою автоматизованого проєктування механічних вузлів і апаратів, побудованою на принципах параметричного тривимірного моделювання. Система забезпечує створення об'ємних моделей елементів конструкції з використанням інтуїтивно зрозумілого графічного інтерфейсу операційної системи Windows [16].

Модуль SOLIDWORKS Flow Simulation являє собою засіб обчислювальної гідродинаміки (CFD), який дозволяє досліджувати процеси руху потоку, теплообміну та дії гідродинамічних сил у технологічних апаратах різного призначення, зокрема у фільтрувальних центрифугах.

З метою аналізу процесів, що відбуваються під час центрифугування, було розроблено твердотільні тривимірні моделі основних елементів центрифуги, у внутрішньому об'ємі яких безпосередньо здійснюється процес розділення суспензії на тверду та рідку фази.

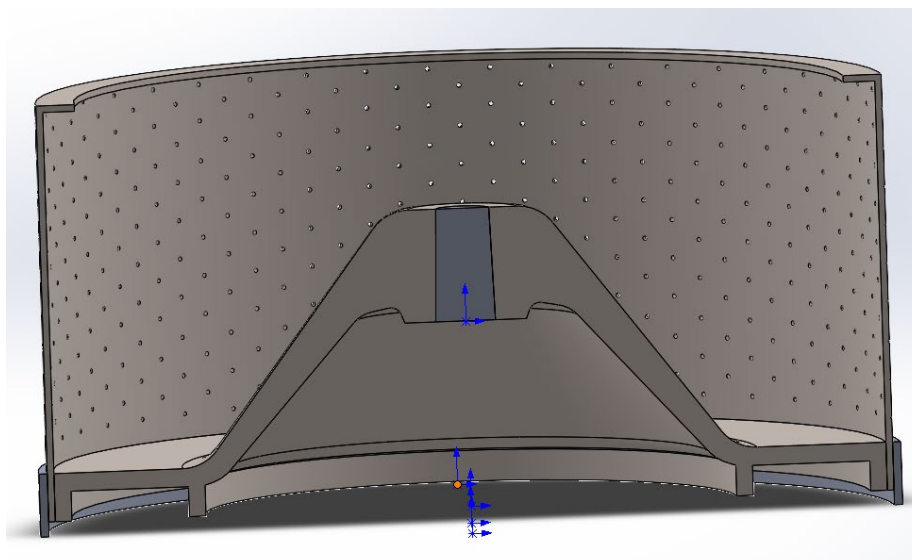


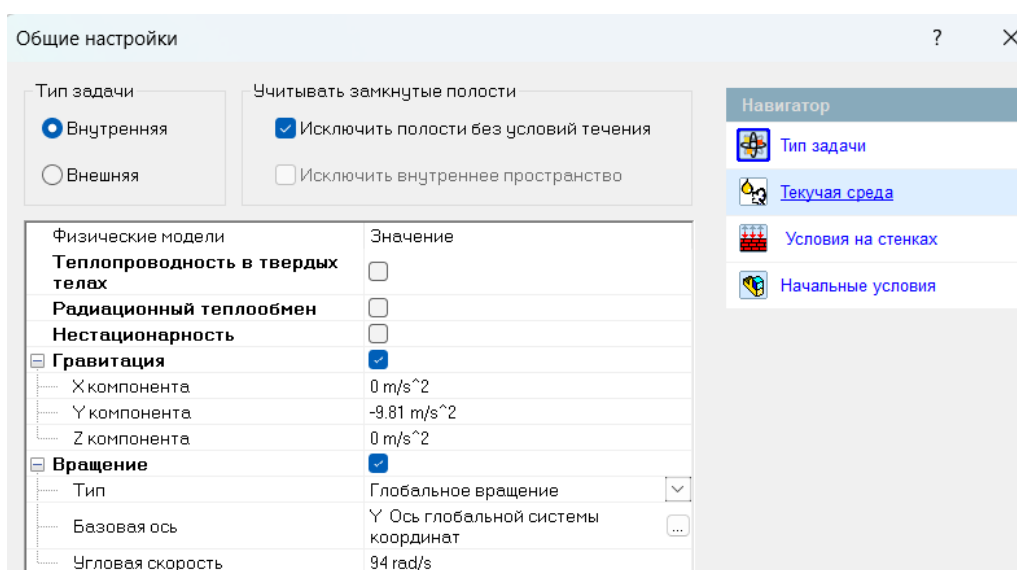
Рис. 2.3. 3D модель барабана центрифуги

Постановка задачі дослідження центрифугування

На початку моделювання задано нову рідку речовину – суспензію:

Элементы	Свойства элемента	Таблицы и графики
Свойство		Значение
Имя		суспензия
Комментарии		
Плотность		880 kg/m ³
Динамическая вязкость		0.00207 Pa*s
Удельная теплоемкость (Cp)		4250 J/(kg*K)
Кэффициент теплопроводности		0.13 W/(m*K)
Эффект кавитации		<input type="checkbox"/>
Радиационные свойства		<input type="checkbox"/>

Розглядаємо так звану «внутрішню задачу» – стан рідини в об'ємі барабана центрифуги (рис. 2.3).



Задаємо матеріал виготовлення конструкції – AISI 316 – корозійностійка сталь.

Задано область течії (рис.2.4), навколишній тиск – атмосферний.

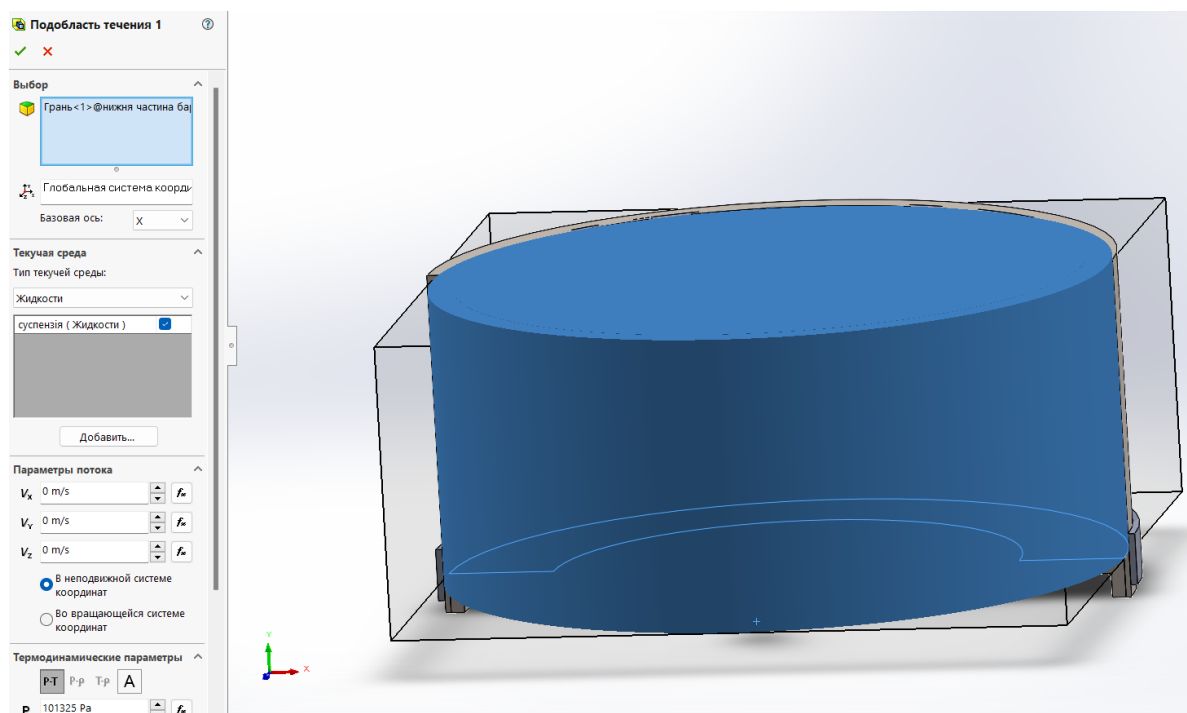


Рис. 2.6. Завдання області течії

Для гальмівної стрічки задані граничні умови, наведені на рис. 2.7.

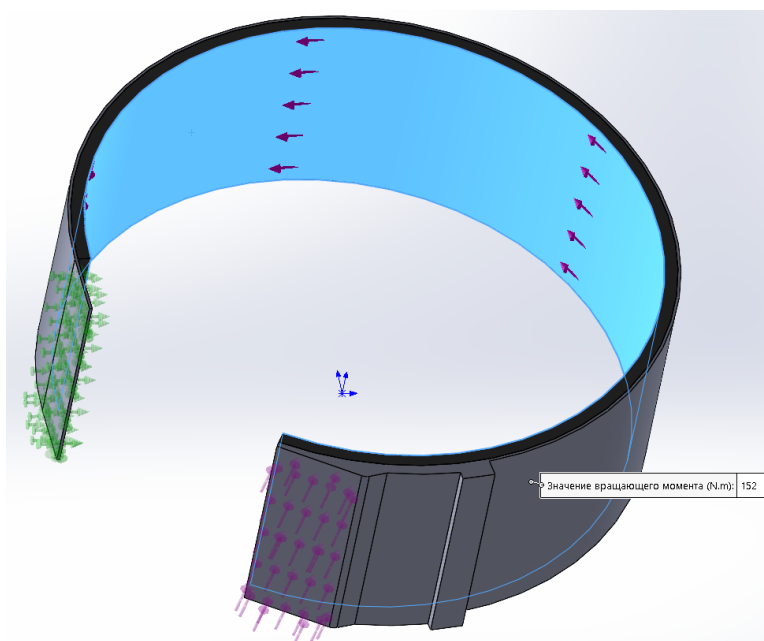


Рис.2.7. Граничні умови, задані для моделювання гальмівної стрічки

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

У процесі обчислювального моделювання було досліджено розподіл тиску в поперечному перерізі фільтрувальної центрифуги. Метою моделювання був аналіз впливу тиску суспензії на стінки барабана та обґрунтування необхідної товщини його обичайки.

З аналізу результатів, наведених на рис. 3.1 та рис. 3.2, встановлено, що під час обертання центрифуги на стінки барабана діє відцентрово зумовлений тиск, максимальні значення якого досягають 735 059 Па.

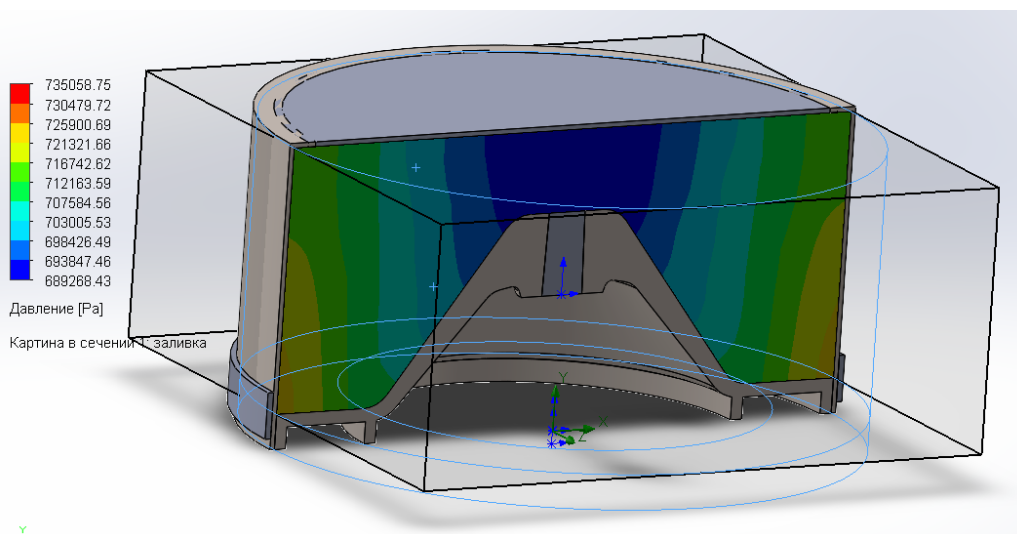


Рис. 3.1. Розподіл тиску в перерізі барабана центрифуги

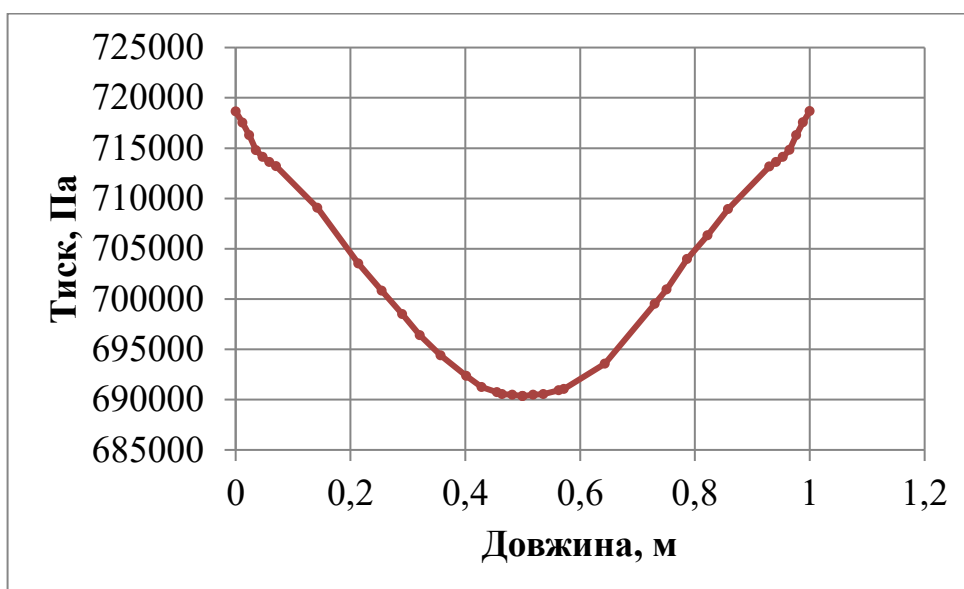


Рис. 3.2. Графічна залежність розподілу тиску в перерізі барабана

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Житницький П.Б.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Себеренчук В.М.	Назва, додаткова назва центрифуги	24-1867..MP.02.000.ПЗ			
	Документ затверджено Гавда О.М.	Результати моделювання	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/4

Моделювання роботи елементів центрифуги показало, що вони мають достатній запас міцності. Максимальні значення тиску (0,718 МПа) спостерігаються поблизу стінок барабана і навіть з урахуванням ослаблення обичайки наявністю отворів не створюють загрозливих умов для функціонування центрифуги.

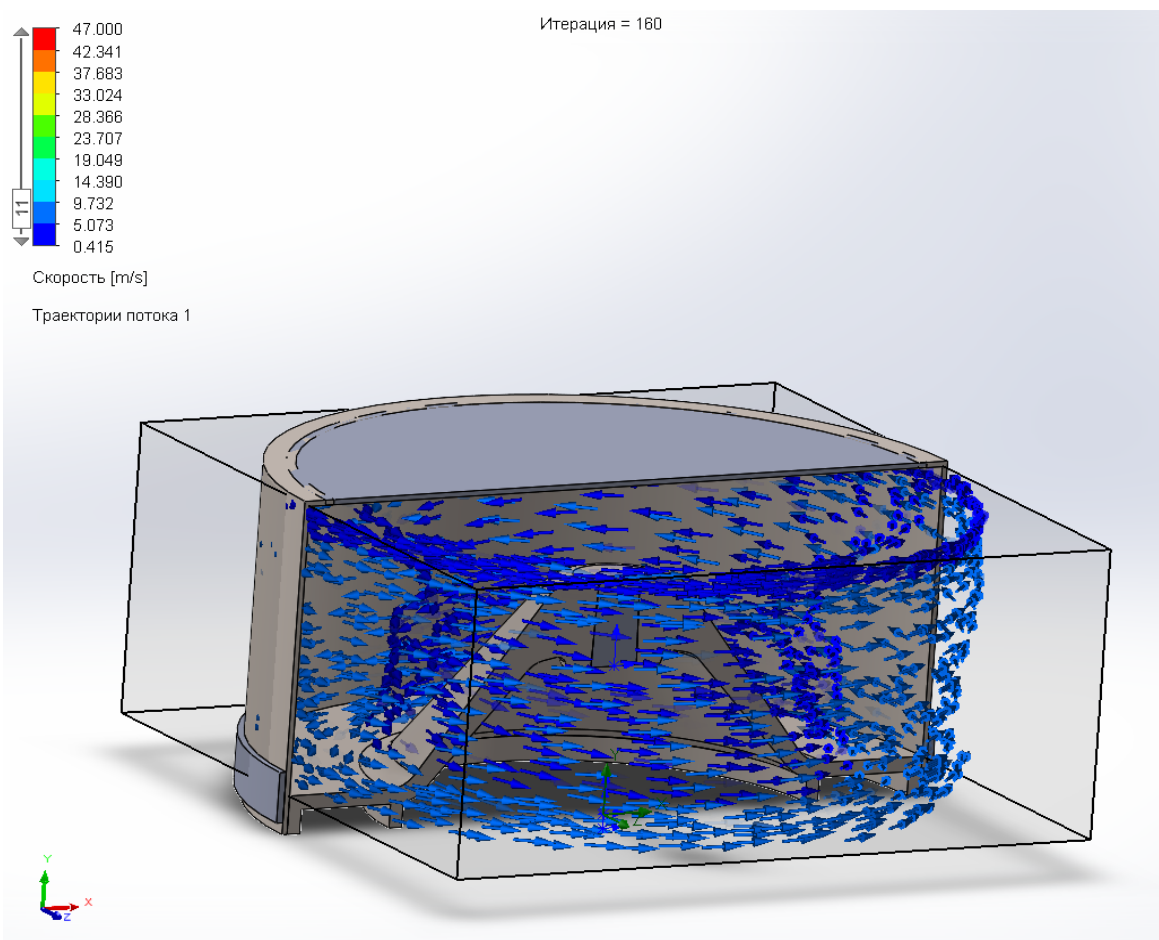


Рис. 3.3. Вектори швидкості в барабані центрифуги

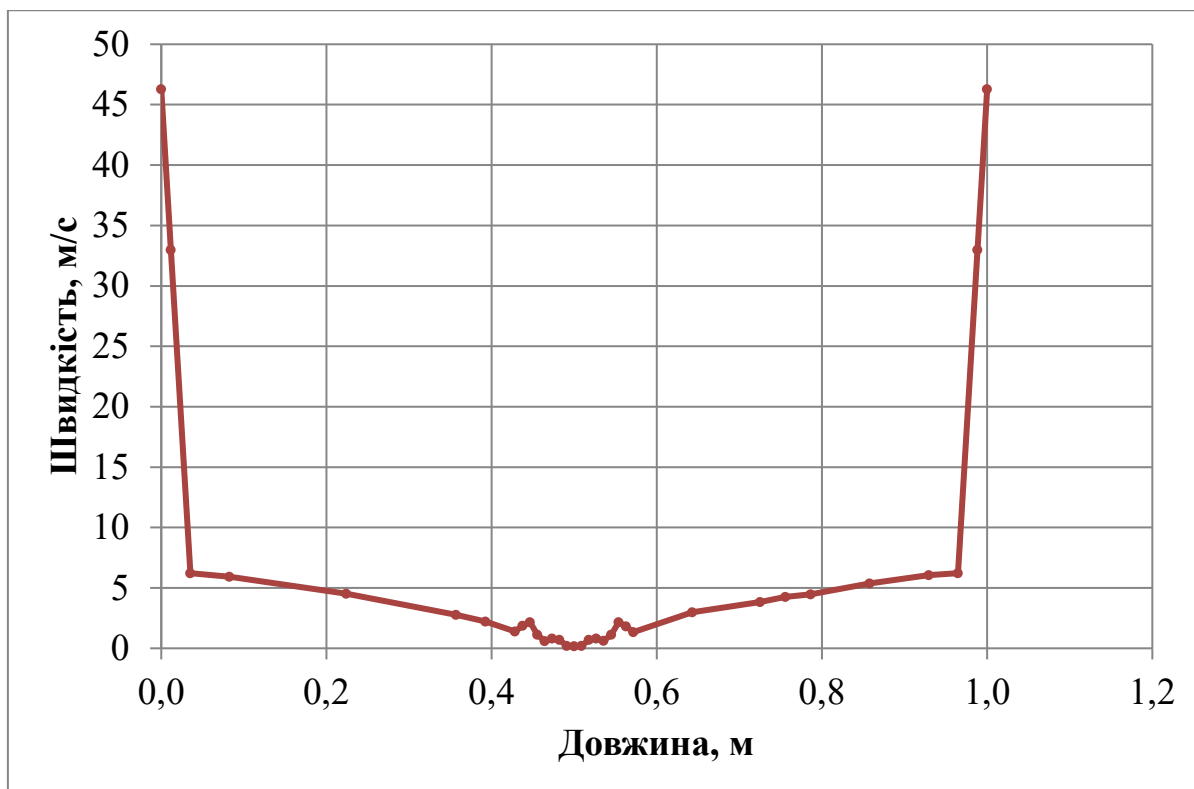


Рис. 3.4. Графічна залежність розподілу швидкості в перерізі барабана центрифуги

Отримано розподіли тиску і швидкостей в поперечному перерізі центрифуги. Так, значення тиску розподілені симетрично відносно вертикальної осі барабана, набуваючи максимальних значень (0,718 МПа) поблизу стінок барабана. Подібна картина спостерігається і в розподілі швидкості: максимальні значення сягають 47 м/с поблизу стінок, тоді як на осі обертання швидкість дорівнює 0.

Аналіз напружено-деформованого стану гальмівної стрічки засвідчує, що її конструкція витримує прикладені навантаження (гальмівний момент) з коефіцієнтом запасу міцності 1,6.

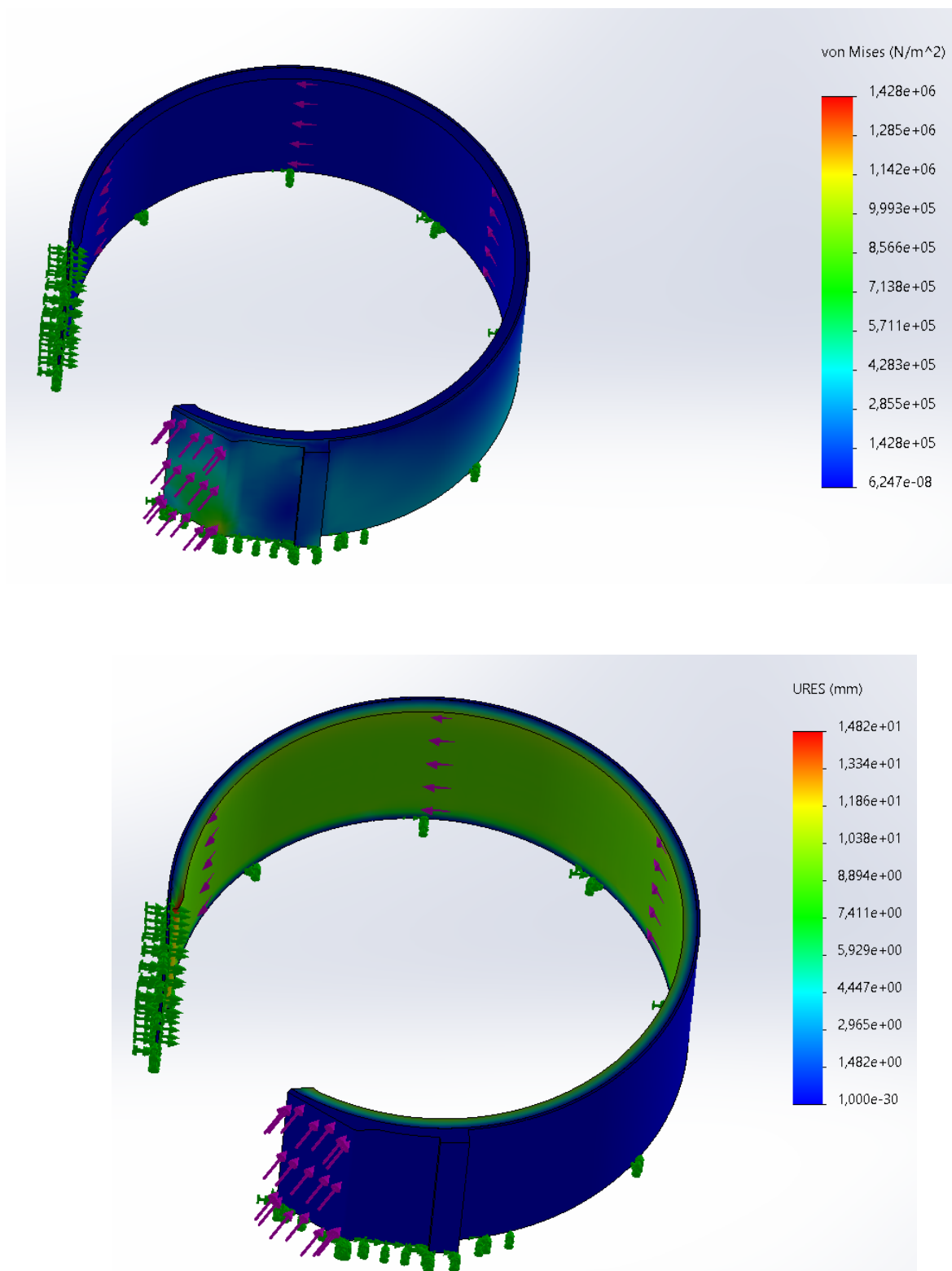


Рис. 2.8. Поле переміщень у гальмівній стрічці

На рис. 2.8 наведено поле переміщень у гальмівній стрічці триколонної центрифуги BVG С 10-А, отримане в результаті чисельного моделювання. Аналіз розподілу переміщень показує, що максимальні значення спостерігаються у зоні контакту гальмівної стрічки з гальмівним ободом, а

також у місцях прикладання гальмівного зусилля. При цьому переміщення мають плавний характер і не супроводжуються різкими локальними концентраціями, що свідчить про раціональний розподіл навантаження вздовж стрічки.

Отримані результати підтверджують, що деформації гальмівної стрічки знаходяться в допустимих межах і не перевищують значень, за яких можливе порушення її працездатності або зниження ефективності гальмування. Відсутність зон надмірних переміщень свідчить про правильний вибір матеріалу гальмівної накладки та конструктивних параметрів стрічки. Таким чином, гальмівний механізм забезпечує надійну та рівномірну передачу гальмівного моменту при зупинці ротора центрифуги. Результати моделювання підтверджують відповідність конструкції гальмівної стрічки вимогам міцності, жорсткості та експлуатаційної надійності.

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКИ ФІЛЬТРУВАЛЬНОЇ ЦЕНТРИФУГИ

4.1. Технологічні розрахунки

Технологічні розрахунки виконано для триколонної фільтрувальної центрифуги BVG C 10-A з корисним об'ємом барабана $V = 0,2 \text{ м}^3$ (200 дм^3) та внутрішнім діаметром барабана $D_{\text{в}} = 1000 \text{ мм}$ ($1,0 \text{ м}$).

Визначення радіусів шару суспензії

Внутрішній радіус барабана:

$$R = \frac{D_{\text{в}}}{2} = \frac{1,0}{2} = 0,5 \text{ м.}$$

При заповненні барабана на 50 % внутрішній радіус шару суспензії визначається як:

$$r_1 = \sqrt{0,5} \cdot R = \sqrt{0,5} \cdot 0,5 = 0,354 \text{ м.}$$

Середній радіус шару суспензії:

$$r_{\text{ср}} = \frac{R + r_1}{2} = \frac{0,5 + 0,354}{2} = 0,427 \text{ м.}$$

На рис. 4.1 наведено розрахункову схему фільтрувальної центрифуги періодичної дії.

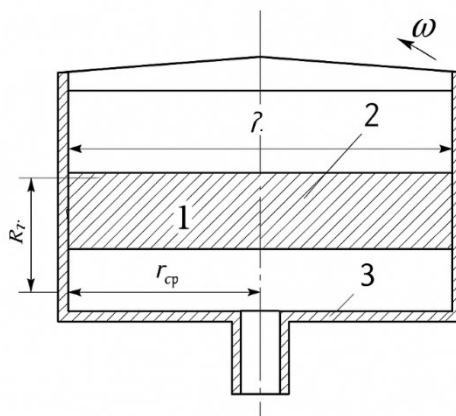


Рис. 4.1 – Розрахункова схема фільтрувальної центрифуги періодичної дії

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Житнецький ІВ.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Себеренчук В.М.	Назва, додаткова назва	24-1867.МР.02.000.ПЗ			
	Документ затверджено Гавда О.М.	Розрахунки фільтрувальної центрифуги	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/7

Кутова швидкість обертання барабана:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 940}{60} = 98,4 \text{ с}^{-1}.$$

Фактор розділення:

$$F = \frac{\omega^2 r_{\text{cp}}}{g} = \frac{(98,4)^2 \cdot 0,427}{9,81} \approx 421.$$

Отже, за величиною фактора розділення ($F < 3500$) центрифуга належить до нормальних фільтрувальних центрифуг. Суспензія містить частинки твердої фази з переважним розміром 100–120 мкм. Густина твердої фази:

$$\rho_{\text{т}} = 1470 \text{ кг/м}^3,$$

густина рідкої фази:

$$\rho_{\text{р}} = 995 \text{ кг/м}^3,$$

в'язкість рідкої фази:

$$\mu = 0,76 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

За результатами досліджень при однаковому факторі розділення:

- $x_1 = 0,28$;
- $r_0 = 1,1 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-2}$;
- $r_{\text{ф.м.}} = 8,2 \cdot 10^9 \text{ м}^{-2}$;
- $\nu_{\text{пр.р.}} = 1,2 \text{ м}^3/\text{кг}$;
- $\rho_{\text{пр.р.}} = 998 \text{ кг/м}^3$;
- $\mu_{\text{пр.р.}} = 0,96 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$;
- $\varepsilon_{\text{ос}} = 0,46$;
- $\tau_{\text{с.м.}} = 210 \text{ с}$;

- $\tau_{\text{доп}} = 240 \text{ с.}$

Площа поверхні фільтрування:

$$F = 0,48 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт заповнення барабана осадом:

$$\varphi = 0,8.$$

Продуктивність по фільтрату:

$$Q_{\text{ф}} = 0,00717 \text{ м}^3/\text{с} = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Продуктивність по суспензії в період завантаження:

$$Q_{\text{с}} = 0,00996 \text{ м}^3/\text{с} = 9,96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Тривалість промивання осаду:

$$\tau_{\text{пр}} = 4508 \text{ с.}$$

Тривалість повного циклу:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{ф}} + \tau_{\text{пр}} + \tau_{\text{с}} + \tau_{\text{доп}} = 1,46 \text{ год.}$$

Середня продуктивність центрифуги по суспензії:

$$Q_{\text{ср}} = 1,54 \text{ м}^3/\text{год.}$$

4.2. Розрахунок на міцність обичайки

Метою даного підрозділу є перевірка міцності обичайки барабана фільтрувальної центрифуги BVG С 10-А при дії відцентрових навантажень, власної ваги конструкції та ваги оброблюваного матеріалу, а також оцінка відповідності прийнятої товщини стінки вимогам міцності.

Барабан центрифуги виготовлений із кислототривкої сталі КО 35, при цьому обичайка, комір і бортове кільце виконані з одного матеріалу. Зварні шви барабана виконані електрозварюванням; поздовжні шви обичайки перевірені по всій довжині методом рентгенівського просвічування. Міцність зварного шва приймається рівною 0,8. Зварні шви та перехідні зони не мають просвердлених отворів, що позитивно впливає на міцність конструкції.

На рис. 4.2 наведено розрахункову схему обичайки барабана з урахуванням основних геометричних параметрів та навантажень.

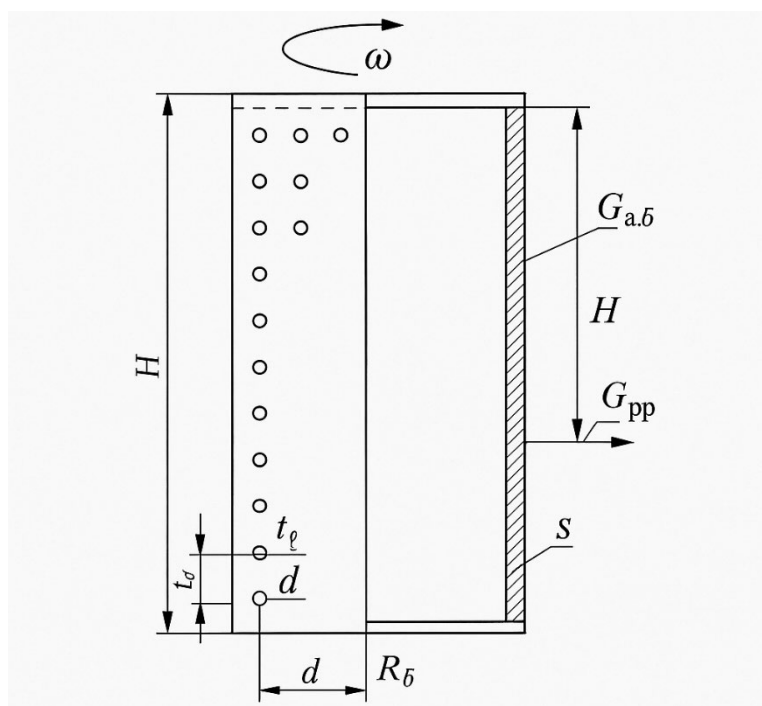


Рис. 4.2 – Розрахункова схема обичайки барабана фільтрувальної центрифуги

Внутрішній радіус обичайки барабана

24-1867.MP.02.000.ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркулш

$$R_{\sigma} = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м}$$

Циліндрична висота шару матеріалу в барабані

$$H = 430 \text{ мм} = 0,43 \text{ м}$$

Товщина стінки обичайки

$$s = 8 \text{ мм} = 0,008 \text{ м}$$

Крок отворів в осьовому напрямку

$$t_l = 46 \text{ мм} = 0,046 \text{ м}$$

Крок отворів у поперечному напрямку

$$t_q = 37,11 \text{ мм} = 0,03711 \text{ м}$$

Діаметр отворів

$$d = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м}$$

Коефіцієнт послаблення поздовжнього зварного шва

$$v_1 = 0,8$$

Питома вага матеріалу обичайки

$$\gamma_{об.б} = 77\,472,5 \text{ Н/м}^3$$

Вага максимальної кількості матеріалу в барабані

$$G_{пр} = 1960 \text{ Н}$$

Максимальна частота обертання барабана

$$n = 940 \text{ об/хв}$$

Умовна межа текучості матеріалу

$$\sigma_F = 2,3 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

Власна вага обичайки барабана визначається за відомою залежністю та становить:

$$G_{об.б} = 812,9 \text{ Н}$$

Площа поперечного перерізу обичайки барабана в осьовому напрямку:

$$F_{об.б} = 65,0 \text{ м}^2$$

Крім зварного шва, на міцність обичайки впливає наявність перфорацій. Коефіцієнт послаблення, викликаний отворами, визначається з урахуванням похилого кроку отворів:

$$t_s = 0,02955 \text{ м}$$

За табличними даними коефіцієнт послаблення від отворів становить:

$$v_2 = 0,958$$

Оскільки

$$v_1 < v_2,$$

при подальших розрахунках приймається коефіцієнт послаблення $v_1 = 0,8$, а зварний шов вважається неперсвердленим.

Результуюче напруження в обичайці барабана, зумовлене власною вагою конструкції та вагою матеріалу, що знаходиться в барабані, становить:

$$\sigma = 80\,369\,231 \text{ Н/м}^2$$

Коефіцієнт запасу міцності відносно умовної межі текучості матеріалу:

$$n_3 = \frac{\sigma_F}{\sigma}$$

Отримане значення коефіцієнта запасу міцності задовольняє вимоги міцності, що свідчить про достатню надійність обичайки барабана при заданих режимах роботи центрифуги.

4.3. Розрахунок потужності приводу

Потужність електродвигуна фільтрувальної центрифуги BVG C 10-A визначається за пусковою потужністю, яка враховує витрати енергії на подолання інерції обертових мас та сил тертя. Загальна пускова потужність визначається як сума окремих складових:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4, \text{ кВт.}$$

Потужність, що витрачається на подолання інерції маси барабана, визначається за формулою:

$$N_1 = \frac{m_{\text{б}} \cdot v^2}{2t}, \text{ кВт,}$$

де

$m_{\text{б}}$ — маса барабана, кг; за результатами 3D-моделювання

$$m_{\text{б}} = 382,2 \text{ кг;}$$

v — колова швидкість обертання барабана, м/с;

t — час розгону барабана.

Колова швидкість обертання барабана визначається за формулою:

$$v = \frac{\pi D n}{60},$$

де

$D = 1,0 \text{ м}$ — діаметр барабана;

$n = 940 \text{ об/хв.}$

$$v = \frac{\pi \cdot 1,0 \cdot 940}{60} = 49,2 \text{ м/с.}$$

У результаті розрахунку отримано:

$$N_1 = 4,71 \text{ кВт.}$$

Потужність, що витрачається на подолання інерції маси продукту, визначається аналогічно та становить:

$$N_2 = 2,4 \text{ кВт.}$$

Потужність, необхідна для подолання тертя в підшипниках вала, визначається за формулою:

$$N_3 = f \cdot G \cdot v_{\text{ц}}, \text{ кВт,}$$

де

f — коефіцієнт тертя в підшипниках,
 G — загальна маса обертових елементів центрифуги та суспензії, кг;

$$G = 600 \text{ кг;}$$

$v_{\text{ц}}$ — колова швидкість обертання цапфи, м/с.

Колова швидкість обертання цапфи визначається за формулою:

$$v_{\text{ц}} = \frac{\pi d_{\text{в}} n}{60},$$

де

$d_{\text{в}} = 0,08 \text{ м}$ — діаметр вала.

$$v_{\text{ц}} = 4 \text{ м/с.}$$

У результаті розрахунку:

$$N_3 = 3,35 \text{ кВт.}$$

Потужність, що витрачається на подолання аеродинамічного опору повітря, визначається за формулою:

$$N_4 = C \cdot R^4 \cdot n^3, \text{ кВт},$$

де

$R = 0,5 \text{ м}$ — радіус барабана;

$n = 940 \text{ об/хв.}$

У результаті розрахунку отримано:

$$N_4 = 0,24 \text{ кВт.}$$

Сумарна пускова потужність електродвигуна центрифуги становить:

$$N = 4,71 + 2,4 + 3,35 + 0,24 = 10,7 \text{ кВт.}$$

Отримане значення пускової потужності електродвигуна свідчить про доцільність вибору електродвигуна номінальною потужністю 15 кВт, що забезпечує необхідний запас по потужності. Такий запас є важливим для надійного пуску центрифуги під навантаженням та стабільної роботи в перехідних режимах. Обраний електродвигун гарантує компенсацію додаткових втрат, пов'язаних з коливаннями навантаження та зносом елементів приводу. Крім того, використання двигуна з резервом потужності підвищує довговічність обладнання та зменшує ризик аварійних ситуацій. Таким чином, прийнята потужність електродвигуна повністю відповідає вимогам експлуатаційної надійності фільтрувальної центрифуги.

РОЗДІЛ 5. МОНТАЖ, РЕМОНТ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЦЕНТРИФУГИ

5.1. Розміщення і встановлення центрифуги

Правильне розміщення та встановлення фільтрувальної центрифуги є одним з ключових факторів, що визначають її надійну, безпечну та довготривалу експлуатацію. Для триколонної фільтрувальної центрифуги типу BVG С 10-А, яка працює з високими частотами обертання та значними динамічними навантаженнями, особливе значення має забезпечення жорсткості основи, точності монтажу та відповідності умов експлуатації вимогам техніки безпеки.

Центрифугу рекомендується встановлювати в окремому виробничому приміщенні або в ізольованій зоні цеху з твердою несучою підлогою, що здатна сприймати як статичні, так і динамічні навантаження. Приміщення повинно бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією, освітленням, системами аварійного відключення електроживлення, а також засобами пожежної безпеки. У разі роботи з вибухонебезпечними або токсичними середовищами центрифуга встановлюється в герметичному виконанні з можливістю інертизації робочого простору.

На рис. 5.1 наведено схему розміщення центрифуги BVG С 10-А у виробничому приміщенні з урахуванням зон обслуговування, проходів для персоналу та підведення комунікацій.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Житнецький І.В.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> <i>Себеренчук В.М.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	24-1867.MP.02.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавда О.М.</i>	<i>Монтаж, ремонт, експлуатація</i> <i>центрифуги</i>	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/14

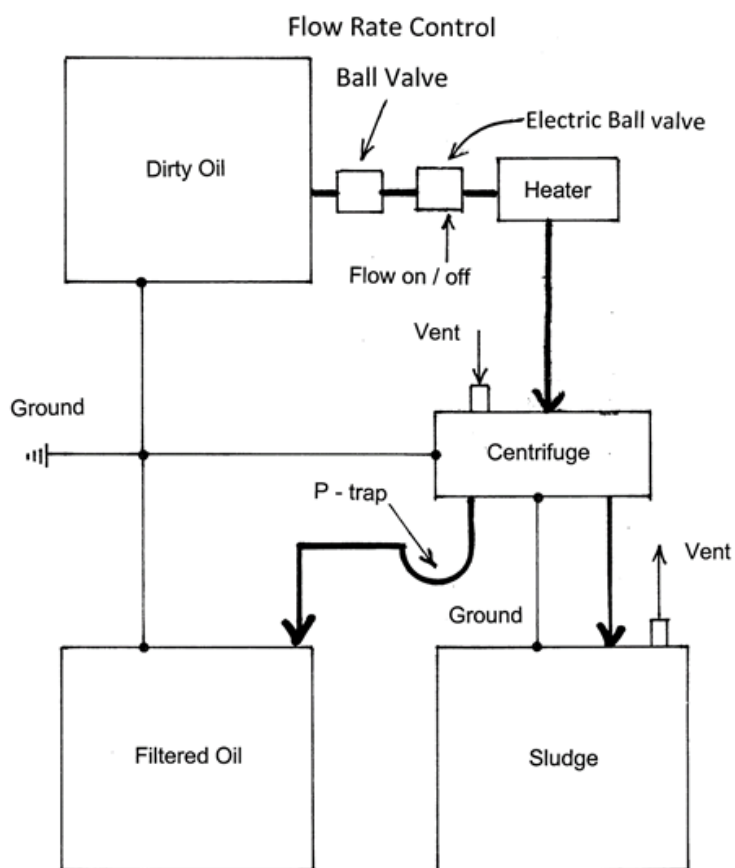
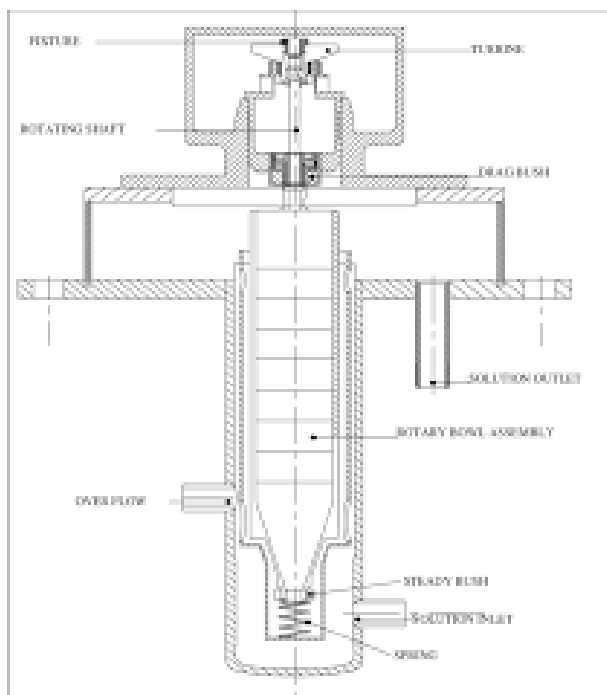


Рис. 5.1 – Схема розміщення фільтрувальної центрифуги BVG C 10-A у виробничому приміщенні

Для забезпечення стійкості та мінімізації вібрацій центрифуга встановлюється на спеціально підготовлений залізобетонний фундамент.

Фундамент повинен бути відокремлений від загальної підлоги деформаційними швами та мати масу, що перевищує масу центрифуги не менше ніж у 3–5 разів. Кріплення обладнання до фундаменту здійснюється анкерними болтами з подальшим вивірянням горизонтальності за допомогою рівня.

На рис. 5.2 показано принципову схему встановлення центрифуги на фундаменті з урахуванням анкерного кріплення та демпфування вібрацій.

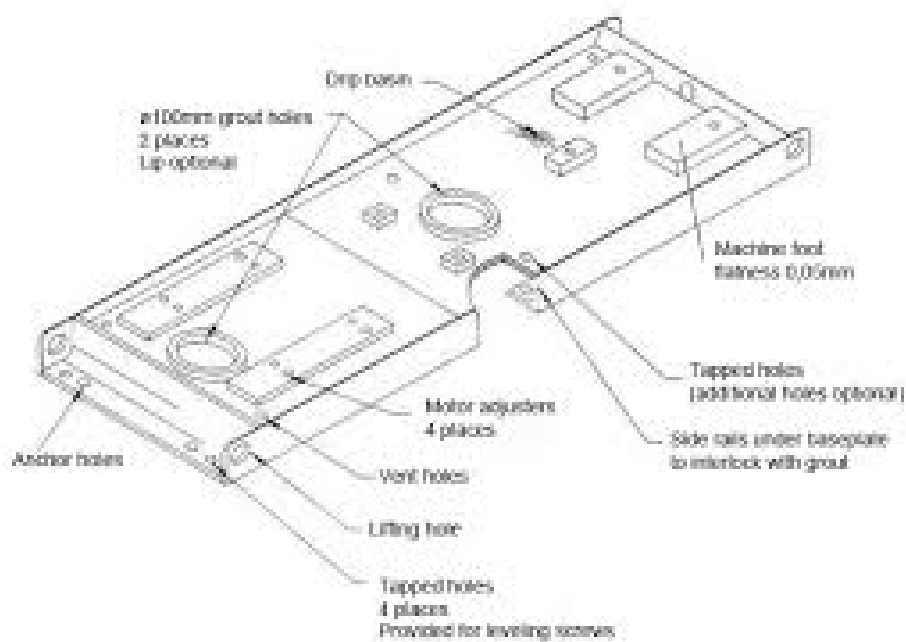


Рис. 5.2 – Схема встановлення центрифуги на фундаменті

Після механічного монтажу виконується підключення електродвигуна, систем керування, заземлення, а також трубопроводів для подачі суспензії, промивної рідини та відведення фільтрату. Усі з'єднання повинні бути герметичними та відповідати вимогам вибухо- і пожежобезпеки

Таблиця 5.1 – Основні вимоги до розміщення та встановлення центрифуги BVG C 10-A

Параметр	Вимоги
Тип приміщення	Виробниче, з обмеженим доступом
Несуча здатність підлоги	Не менше 5–6 мас центрифуги
Тип фундаменту	Залізобетонний, відокремлений
Кріплення	Анкерні болти
Вирівнювання	По горизонталі з точністю $\pm 0,5$ мм
Вентиляція	Припливно-витяжна
Освітлення	Не менше 300 лк
Електроживлення	Трифазне, із заземленням
Відстань до стін	Не менше 1,0–1,5 м
Зони обслуговування	Вільний доступ з усіх боків
Захист від вибуху	Герметичне виконання, інертизація
Шум і вібрація	В межах санітарних норм

Таким чином, правильне розміщення та якісне встановлення центрифуги BVG C 10-A забезпечують зниження вібрацій, підвищення експлуатаційної надійності та безпеки обслуговуючого персоналу. Дотримання наведених вимог є необхідною умовою стабільної роботи обладнання в заданих технологічних режимах.

5.2. Інструкція з пуску в експлуатацію і технічного обслуговування

Перед пуском фільтрувальної центрифуги BVG C 10-A в експлуатацію необхідно виконати комплекс підготовчих заходів, спрямованих на

забезпечення безпечної та надійної роботи обладнання. Насамперед перевіряють правильність монтажу центрифуги на фундаменті, стан анкерних кріплень та горизонтальність встановлення корпусу. Особливу увагу приділяють перевірці цілісності обичайки барабана, зварних швів, фільтрувального мішка та герметичності кожуха. Перед пуском обов'язково контролюють стан електропривода, натяг клинопасової передачі, справність гальмівного механізму та роботу блокувальних пристроїв системи керування. Також перевіряється справність системи заземлення та відповідність електрообладнання вимогам вибухо- і пожежобезпеки. У разі експлуатації центрифуги в герметичному виконанні додатково контролюють систему подачі інертного газу та герметичність усіх з'єднань. Перед першим пуском центрифугу запускають у холостому режимі без завантаження матеріалу для перевірки плавності розгону та відсутності сторонніх шумів і вібрацій. Тривалість холостого пробного пуску повинна становити не менше 10–15 хвилин. Лише після успішного завершення випробування дозволяється перехід до роботи центрифуги під навантаженням.

Device/ Equipment #:		Location:		
External Device Inspection	Yes	No	Comments	Action taken
<ul style="list-style-type: none"> Is the centrifuge housing damaged or are there any signs of attempted opening of the housing? Is the power cord undamaged? Are there any liquid spills noticeable on the outside? Does the lid locking mechanism work as intended? 				
Internal Device Inspection	Yes	No	Comments	Action taken
<ul style="list-style-type: none"> Are there any liquid spills noticeable on the inside? Are there any signs of condensation noticeable on the inside? Can rotors be fitted easily? (try to fit rotor and remove it again) Do rotor buckets swing easily? (try to lift rotor bucket and check for noticeable resistance) Are any of the seals (lid/rotor lid) intact and free of cracks/cuts/pinch spots? 				
Rotor Inspection	Yes	No	Comments	Action taken
Rotor H-Flex HS4 (Bioshield)				
<ul style="list-style-type: none"> Are there any signs of mechanical damage (cracks, scratches) on the rotor and/ or rotor bucket? Is there any damage on rotor bucket lid? (cracks) Is a rotor key needed and available? 				
Rotor Inspection	Yes	No	Comments	Action taken
F15-6x100 (small FIBERlite, fixed angle)				

Рис. 5.3 – Основні етапи підготовки центрифуги до пуску в експлуатацію

Пуск центрифуги під навантаженням здійснюється відповідно до встановленої технологічної послідовності, що забезпечує рівномірний розподіл суспензії в барабані та стабільний режим роботи. Завантаження суспензії дозволяється виконувати лише після досягнення заданої частоти обертання барабана, що запобігає утворенню нерівномірного шару осаду. Під час роботи оператор зобов'язаний постійно контролювати частоту обертання, рівень вібрацій, температуру підшипників та струмове навантаження електродвигуна. У разі появи сторонніх шумів, різкого зростання вібрацій або відхилення параметрів від номінальних значень центрифугу необхідно

негайно зупинити. Технічне обслуговування центрифуги виконується відповідно до затвердженого регламенту і включає періодичний огляд, очищення фільтрувальних елементів, перевірку стану підшипників та гальмівної системи. Регламентні роботи проводяться лише після повної зупинки барабана та відключення електроживлення. Забороняється виконувати будь-які ремонтні або регульовальні операції при обертанні барабана. Регулярне технічне обслуговування дозволяє зменшити зношування вузлів центрифуги та запобігти аварійним ситуаціям. Дотримання інструкції з пуску та обслуговування є обов'язковою умовою безпечної експлуатації центрифуги BVG C 10-A.



Рис. 5.4 – Послідовність пуску центрифуги та контроль параметрів роботи

Планове технічне обслуговування центрифуги передбачає виконання щозмінних, щотижневих та періодичних перевірок, що охоплюють усі основні вузли машини. Щозмінне обслуговування включає візуальний огляд центрифуги, перевірку герметичності з'єднань та очищення робочих поверхонь від залишків продукту. Щотижневому обслуговуванню передбачає контроль стану фільтрувального мішка, перевірку натягу ременів привода та справності гальмівного механізму. Періодично виконується змащування підшипників відповідно до рекомендацій виробника та заміна зношених елементів. Особливу увагу приділяють стану зварних швів обичайки та відсутності тріщин або корозійних пошкоджень. Усі результати оглядів і технічного обслуговування фіксуються в експлуатаційному журналі. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти несправності та планувати ремонтні роботи. Систематичне виконання регламентних операцій значно підвищує ресурс центрифуги та стабільність її роботи. У підсумку це забезпечує безперервність технологічного процесу та високу якість кінцевого продукту.

5.3. Інструкція з технічного догляду

Технічний догляд за фільтрувальною центрифугою BVG C 10-A є обов'язковою складовою її безпечної та ефективної експлуатації і спрямований на підтримання працездатного стану всіх вузлів і механізмів. Регулярне виконання операцій технічного догляду дозволяє знизити інтенсивність зношування деталей, попередити виникнення аварійних ситуацій та забезпечити стабільні технологічні показники роботи центрифуги. Технічний догляд виконується відповідно до встановленого графіка та включає щоденні, періодичні й планові профілактичні заходи. Перед початком будь-яких робіт центрифуга повинна бути повністю зупинена, відключена від електромережі та зафіксована від випадкового пуску. Особливу увагу приділяють стану барабана, фільтрувального мішка, зварних швів і елементів підвіски, оскільки саме ці вузли зазнають найбільших механічних

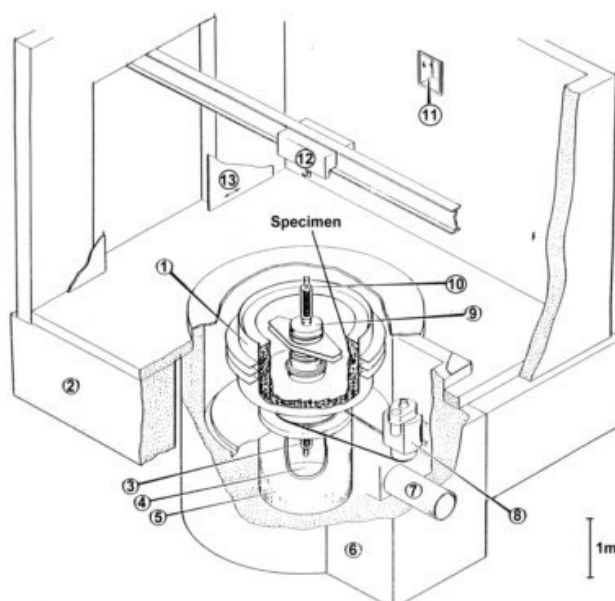
навантажень. Також контролюється герметичність кожуха та справність системи інертизації, якщо центрифуга працює у вибухонебезпечному середовищі. Усі операції технічного догляду повинні виконуватися навченим персоналом із дотриманням вимог охорони праці. Недотримання регламенту технічного догляду може призвести до зниження ресурсу обладнання та погіршення якості розділення суспензії. Таким чином, систематичний технічний догляд є необхідною умовою довготривалої та безперебійної роботи центрифуги.

Щоденний технічний догляд передбачає візуальний огляд центрифуги перед початком і після завершення зміни, очищення зовнішніх поверхонь та перевірку відсутності витоків фільтрату або промивної рідини. Після кожного циклу роботи здійснюється очищення барабана та фільтрувального мішка від залишків осаду, що запобігає їх затвердінню та зменшенню пропускної здатності. Періодично перевіряється стан фільтрувального матеріалу, рівномірність його натягу та відсутність механічних пошкоджень. Не рідше одного разу на тиждень контролюється стан підшипників, температура їх нагріву та наявність сторонніх шумів під час обертання. Змащування підшипникових вузлів виконується відповідно до рекомендацій виробника з використанням мастильних матеріалів, сумісних з умовами експлуатації. Особлива увага приділяється стану клинопасової передачі та гальмівного механізму, від справності яких залежить безпечний пуск і зупинка центрифуги. Усі виявлені відхилення та виконані роботи фіксуються в журналі технічного догляду. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти несправності та запобігати їх розвитку. Регулярне виконання щоденних і періодичних операцій забезпечує стабільність роботи центрифуги та подовжує термін її служби.

5.4. Ремонт і налагодження центрифуги

Ремонт і налагодження фільтрувальної центрифуги BVG С 10-А виконуються з метою відновлення її працездатності, забезпечення надійності та відповідності параметрів роботи заданим технологічним режимам. У процесі експлуатації центрифуги можливе виникнення зношування окремих вузлів, порушення балансування барабана, зниження ефективності фільтрування або підвищення рівня вібрацій. Своєчасне проведення ремонтних і налагоджувальних робіт дозволяє запобігти аварійним зупинкам обладнання та значним виробничим втратам. Усі роботи з ремонту та налагодження виконуються відповідно до технічної документації виробника та чинних нормативних вимог.

Перед початком ремонтних операцій центрифуга повинна бути повністю зупинена, відключена від електроживлення та зафіксована від випадкового пуску. Особлива увага приділяється дотриманню вимог охорони праці та техніки безпеки. Ремонтні роботи дозволяється виконувати лише кваліфікованому персоналу. Після завершення ремонту обов'язково проводиться налагодження та контрольний пуск центрифуги.



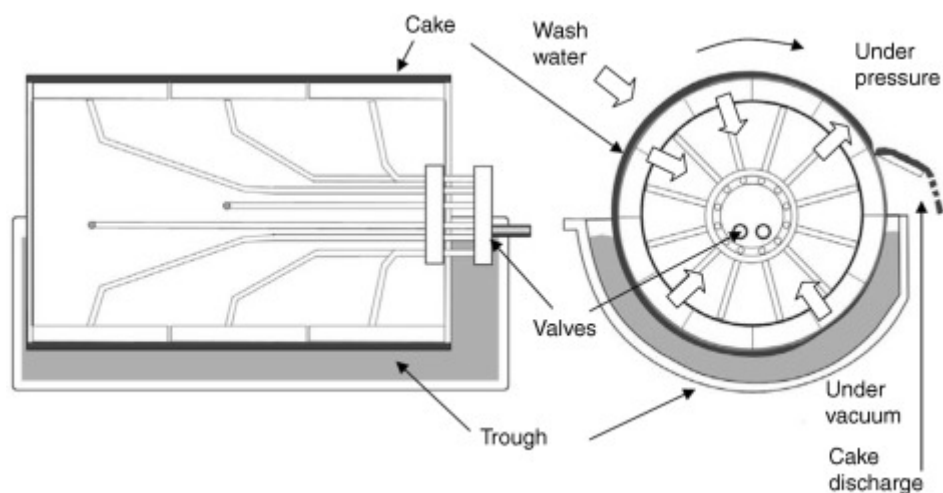


Рис. 5.5 – Креслення барабана фільтрувальної центрифуги з основними елементами

Поточний ремонт центрифуги включає заміну або відновлення зношених фільтрувальних мішків, перевірку стану обичайки барабана, зварних швів та кріпильних елементів. Також виконується регулювання клинопасової передачі, перевірка підшипникових вузлів і гальмівного механізму. У разі виявлення підвищених вібрацій здійснюється балансування барабана, що є важливою умовою безпечної роботи центрифуги при високих частотах обертання. Під час ремонту перевіряється герметичність кожуха та справність системи інертизації. Усі замінені деталі повинні відповідати матеріалам і допускам, визначеним у технічній документації. Після виконання поточного ремонту центрифуга проходить пробний пуск у холостому режимі. За результатами випробування приймається рішення щодо можливості подальшої експлуатації. Такий підхід дозволяє підтримувати обладнання у справному стані без тривалих простоїв.

Капітальний ремонт центрифуги передбачає повне або часткове розбирання обладнання з детальною дефектацією основних вузлів і деталей. У ході капітального ремонту здійснюється заміна підшипників, ревізія або заміна барабана, перевірка геометричних параметрів обичайки та стану зварних з'єднань. Після складання центрифуги виконується налагодження, яке включає регулювання приводу, перевірку системи гальмування та блокувальних пристроїв. Особливе значення має контроль балансування

обертювих частин і плавності розгону барабана. Після завершення налагодження проводиться контрольний пуск центрифуги під навантаженням із поетапним виведенням на номінальний режим роботи. Усі результати ремонтних і налагоджувальних робіт фіксуються в експлуатаційній документації. Лише після позитивних результатів випробувань центрифуга допускається до подальшої експлуатації.

Таким чином, ремонт і налагодження фільтрувальної центрифуги BVG С 10-А є комплексом взаємопов'язаних заходів, спрямованих на відновлення її технічного стану та забезпечення стабільної роботи. Своєчасне виконання поточного і капітального ремонту дозволяє зменшити ризик аварійних відмов та продовжити строк служби основних вузлів центрифуги. Налагодження після ремонтних робіт забезпечує відповідність реальних режимів роботи розрахунковим і технологічним параметрам. Дотримання встановлених вимог до ремонту та налагодження підвищує експлуатаційну надійність обладнання і безпеку обслуговуючого персоналу. У підсумку це сприяє безперервності технологічного процесу та стабільній якості кінцевого продукту.

5.5. Обслуговування центрифуги

Обслуговування фільтрувальної центрифуги BVG С 10-А є важливою складовою її безпечної та безперебійної експлуатації і здійснюється обслуговуючим персоналом, який пройшов відповідну підготовку та інструктаж. Основною метою обслуговування є підтримання працездатного стану центрифуги, дотримання заданих технологічних режимів та запобігання виникненню аварійних ситуацій. Під час експлуатації оператор повинен контролювати роботу центрифуги за показниками частоти обертання барабана, рівня вібрацій, температури підшипникових вузлів та струмового навантаження електродвигуна. Особлива увага приділяється рівномірності завантаження суспензії, оскільки порушення цього режиму може призвести до дисбалансу та підвищених динамічних навантажень. Обслуговуючий персонал зобов'язаний дотримуватися встановлених інструкцій з експлуатації

та вимог охорони праці. Забороняється перебування сторонніх осіб у зоні роботи центрифуги під час її експлуатації. Усі дії оператора повинні бути чіткими та послідовними. Правильна організація обслуговування забезпечує стабільну роботу обладнання та високу якість розділення суспензії.



Рис. 5.6 – Робоче місце оператора та контроль роботи фільтрувальної центрифуги

Планове обслуговування центрифуги включає виконання регламентних операцій, передбачених експлуатаційною документацією, та систематичний контроль стану основних вузлів. До обов'язків персоналу належить ведення журналу експлуатації, у якому фіксуються режими роботи, зауваження щодо стану обладнання та виконані технічні операції. У разі виявлення відхилень від нормальних параметрів роботи центрифуга повинна бути негайно зупинена для з'ясування причин несправності. Особливе значення має

дотримання правил пуску та зупинки центрифуги, оскільки порушення цих вимог може призвести до прискореного зношування вузлів. Персонал також відповідає за своєчасну заміну фільтрувальних матеріалів та очищення робочих поверхонь. Під час обслуговування забороняється виконувати будь-які дії, не передбачені інструкціями. Регулярне навчання та перевірка знань персоналу є необхідною умовою безпечної експлуатації. Таким чином, якісне обслуговування безпосередньо впливає на надійність і довговічність центрифуги.



Рис. 5.7. – Зона безпечного обслуговування фільтрувальної центрифуги

Отже, правильна організація монтажу, експлуатації, технічного догляду, ремонту та обслуговування фільтрувальної центрифуги BVG С 10-А є визначальним чинником її ефективної та безпечної роботи. Дотримання встановлених інструкцій і регламентів дозволяє мінімізувати зношування обладнання та знизити ризик аварійних ситуацій. Комплексний підхід до експлуатації забезпечує стабільність технологічного процесу та високу якість кінцевого продукту. Своєчасне технічне обслуговування і кваліфіковане обслуговування персоналом сприяють подовженню строку служби центрифуги. У підсумку це підвищує економічну ефективність використання обладнання та надійність виробництва в цілому.

РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Складання технічних комплексів, до яких належать машини, обладнання та складальні одиниці, є технологічним процесом утворення з'єднань між окремими елементами виробу. У результаті складання забезпечується необхідне взаємне розташування деталей, задана відносна рухомість або нерухомість з'єднаних елементів, а також надійність і довговічність конструкції в цілому.

Будь-яка машина, зокрема фільтрувальна центрифуга, складається з окремих деталей і складальних одиниць. Залежно від конструктивних особливостей та кількості елементів окремі вузли можуть мати різний рівень складності та відповідальності. Основною частиною складальної одиниці є базовий елемент або базова група, положення яких визначає просторове розташування всіх інших вузлів і деталей. Як правило, таким базовим елементом є корпус або рама машини.

Для забезпечення правильності та зручності складання розробляються технологічні схеми, які визначають послідовність монтажних операцій та дозволяють систематизувати процес складання. Застосування таких схем сприяє зменшенню ймовірності помилок, підвищенню якості складання та скороченню часу монтажу.

У даному розділі розглянуто технологію складання механізму гальмування фільтрувальної центрифуги. Гальмівний пристрій (рис. 6.1) призначений для примусової зупинки ротора центрифуги у заданий момент часу. Складання механізму виконується таким чином, щоб у вимкненому стані гальма стрічка не контактувала з гальмівним ободом, що перевіряється шляхом ручного провертання ротора. Зупинка електродвигуна здійснюється натисканням кнопки «Стоп», а для повної зупинки центрифуги використовується важіль гальмівного пристрою.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Житнєцький ІВ.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Себеренчук В.М.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		24-1867.МР.02.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавда ОМ.</i>	<i>Технологія машинобудування</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/7

Гальмівний механізм складається зі сталеві стрічки з приклепаною до неї гальмівною накладкою та гальмівного обода, роль якого виконує короткий циліндр, розташований на днищі ротора. Зусилля гальмування забезпечується пружиною електромагніта, яка передає навантаження через трос привода гальма. Електромагніт використовується для одночасного вмикання гальмівного пристрою та вимкнення електродвигуна центрифуги за допомогою кінцевого вимикача, що підвищує безпеку експлуатації обладнання.

Основні геометричні параметри гальмівного пристрою мають такі значення: діаметр гальма становить 350 мм, розміри гальмівної накладки — 6×130×1015 мм. Гальмівна накладка виготовлена з матеріалу феродо, а кут її огинання гальмівного обода дорівнює 300°.

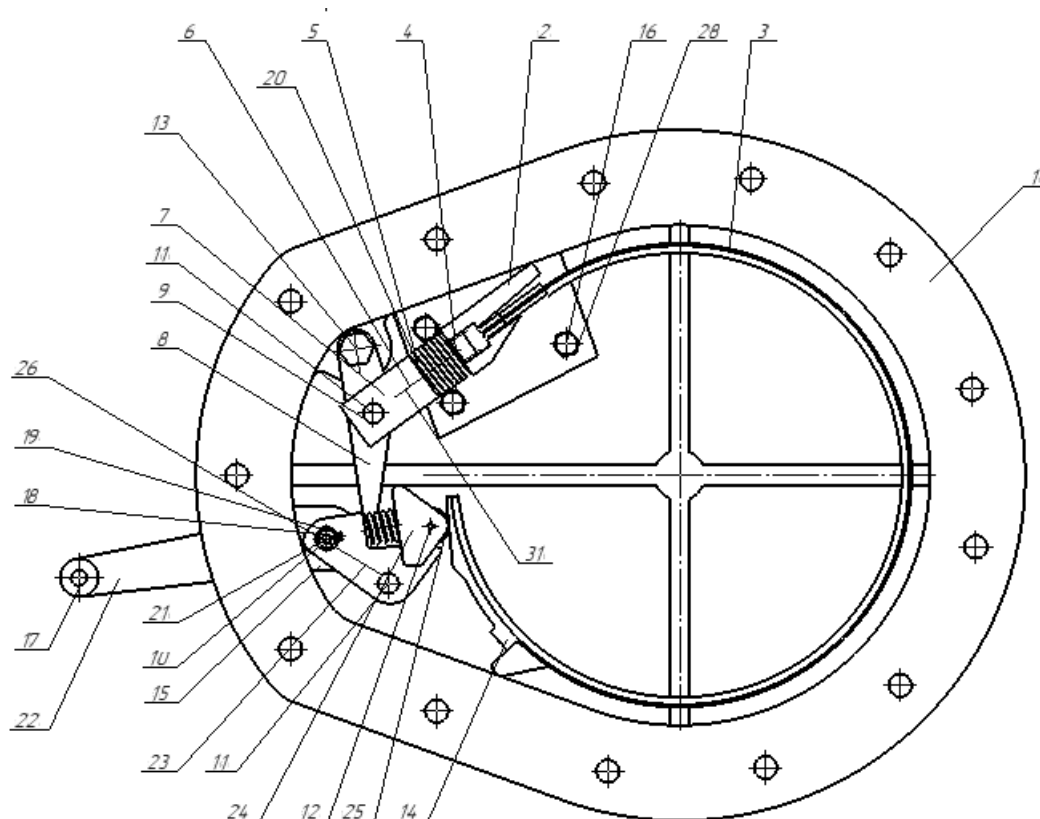


Рис. 6.1. Механізм гальмування

Подетальний склад вузла

Таблиця 6.1.

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1.	Корпус	1
2.	Фіксатор гальмівної стрічки	1
3.	Гальмівна стрічка	1
4.	Шпилька М8×70	1
5.	Пружина Ø41,5	1
6.	Пружина Ø25	3
7.	Регулююча вилка	1
8.	Флажок	1
9.	Втулка Ø20,5	2
10.	Втулка бронзова Ø28	1
11.	Палець Ø12×70	2
12.	Стопорний гвинт М10×30	2
13.	Центруючий болт М10×45	1
14.	Болт М6×25	1
15.	Болт М8×15	1
16.	Болт М10×25	3
17.	Болт М12×35	1
18.	Шпонка	1
19.	Шпонка	1
20.	Центруюча шайба	1

24-1867.MP.02.000.ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова
UA

Аркуш

21.	Вал	1
22.	Важіль неповоротного кулачка	1
23.	Нерухома деталь неповоротного кулачка	1
24.	Рухома деталь неповоротного кулака	1
25.	Ролик	2
26.	Шайба Ø8	1
27.	Шайба Ø10	3
28.	Шайба Ø12	3
29.	Шплінт	2
30.	Гровер	4
31.	Гайка М8	2
32.	Гайка М12	1

Технологічний маршрут складання вузла

Таблиця 6.2.

Номер переходу	Зміст переходу
10. Монтаж неповоротного кулачка СК1	
10.1.	Запресувати бронзову втулку в корпус
10.2.	Встановити шпонку на вал
10.3.	Змонтувати важіль на вал
10.4.	Зафіксувати болтом важіль
10.5.	Встановити вал в бронзову втулку
10.6.	Встановити два ролики на рухому деталь неповоротного кулачка
10.7.	Закрутити два стопорні гвинти

10.8.	Встановити дві пружини в центруючі напрямні
10.9.	З'єднати поворотну і неповоротну деталі пальцем
10.10.	Встановити шайбу і шплінт
10.11.	Встановити шпонку на вал
10.12.	Змонтувати неповоротний кулачок на вал
10.13.	Встановити шайбу
10.14.	Закрутити болт
20. Монтаж гальмівної стрічки СК2	
20.1.	Встановити в корпус направляючий фіксатор
20.2.	Встановити три шайби
20.3.	Закрутити три болти
20.4.	Закрутити в гальмівну стрічку шпильку
20.5.	Встановити гальмівну стрічну в напрямну фіксатора
30. Монтаж поворотного кулачка СК3	
30.1	Вставити пружину на шпильку
30.2	Вставити в пружину регулюючу вилку
30.3	Вставити в регулюючу вилку пружину
30.4.	Встановити центруючі шайбу на шпильку
30.5.	Закрутити дві гайки
30.6.	Встановити в регулюючу вилку дві втулки
30.7.	Встановити між втулками флажок
30.8.	З'єднати пальцем
30.9.	Встановити шайбу і шплінт
30.10.	З'єднати флажок з корпусом центруючим болтом

Для виготовлення основних елементів фільтрувальної центрифуги BVG обрано сплав 10X17H13M2T (попереднє позначення X17H13M2T, EI448),

який належить до корозійностійких високолегованих сталей аустенітного класу. Даний матеріал широко застосовується для виготовлення зварних конструкцій, що експлуатуються в умовах підвищеної хімічної агресивності та температурних навантажень.

Листи зі сталі 10X17H13M2T використовуються для конструкцій, що працюють у середовищах сірчаної, лимонної, фосфорної та оцтової кислот, і розраховані на тривалу експлуатацію при температурах до 600 °С. Висока корозійна стійкість цієї сталі пояснюється утворенням на її поверхні тонкої щільної оксидної плівки складного складу, яка перешкоджає проникненню агресивних речовин у глибину металу та забезпечує стабільність властивостей упродовж усього терміну служби.

Хімічний склад сталі 10X17H13M2T, %

- вуглець — до 0,1;
- кремній — до 0,8;
- марганець — до 2,0;
- нікель — 17–20;
- сірка — до 0,02;
- фосфор — до 0,035;
- хром — 16–18;
- титан — до 1,0;
- молібден — 2–3;
- мідь — до 0,3;
- залізо — близько 61.

Виготовлення листового прокату зі сталі 10X17H13M2T здійснюється відповідно до вимог ГОСТ 7350-77 та ГОСТ 5582-75, а її хімічний склад і основні властивості регламентуються стандартом ГОСТ 5632-72. Зазначені нормативні документи гарантують стабільність механічних та експлуатаційних характеристик матеріалу.

Механічні властивості сталі 10X17H13M2T при температурі 20 °С

- межа плинності — 235 МПа;

- межа короткочасної міцності — 530 МПа;
- відносне подовження — 37 %;
- твердість за Брінеллем — 200 НВ;
- температура загартування — 1030–1080 °С;
- питома вага — 7950 кг/т.

Сталь 10X17H13M2T добре зварюється без обмежень, що є важливою перевагою при виготовленні зварних конструкцій барабана, кожуха та інших елементів центрифуги. За своїми властивостями вона відповідає міжнародному аналогу AISI 316Ti.

Найбільш поширеними закордонними аналогами цієї сталі є: 316H, 316Ti, 318 (США); 1.4571, X10CrNiMoTi18-10 (Німеччина та ЄС); SUS316Ti (Японія); OCr18Ni12Mo2Ti (Китай) та інші, що підтверджує її універсальність і широке застосування у світовій промисловості.

Металеві деталі центрифуги, які безпосередньо контактують із оператором або виконують допоміжні функції (зокрема гак затвора кришки), виготовляються з кольорових металів з високою теплопровідністю, що забезпечує зниження локального перегріву та підвищення експлуатаційної безпеки.

Три вертикальні тяги підвіски центрифуги виконані з високоміцної сталі А60Н і спираються на чавунні колони, закріплені в чавунній рамі основи. Кульові шарніри тяг виготовлені зі сталі А60, а матеріалом кульових гнізд є поліамід II, який забезпечує зниження тертя та демпфування вібрацій.

Матеріалом гальмівної накладки гальмівного пристрою є феродо — фрикційний термостійкий композит на основі азбестових волокон і фенолформальдегідної смоли. До складу матеріалу входять термостійкі наповнювачі, органічна зв'язувальна речовина, а також армувальні волокна⁷ і добавки, що підвищують коефіцієнт тертя. Гальмівна накладка з феродо зберігає працездатність при температурах поверхні тертя до кількох сотень градусів Цельсія, що забезпечує надійну роботу гальмівного механізму центрифуги.

РОЗДІЛ 7. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТРИКОЛОННОЮ ФІЛЬТРУВАЛЬНОЮ ЦЕНТРИФУГОЮ ТИПУ BVG

Система керування триколонною фільтрувальною центрифугою типу BVG є важливим елементом технологічного обладнання, що забезпечує автоматизоване виконання процесу центрифугування відповідно до заданих параметрів. Її основним призначенням є керування режимами роботи центрифуги, підтримання стабільної частоти обертання барабана, а також забезпечення безпечної експлуатації обладнання. Застосування сучасних засобів автоматизації дозволяє підвищити ефективність процесу розділення суспензій, зменшити енергетичні витрати та мінімізувати вплив людського фактора.

Керування електроприводом центрифуги здійснюється з використанням частотного перетворювача, який забезпечує плавний пуск, розгін і гальмування барабана. Це є особливо важливим для центрифуг типу BVG, оскільки значні маси обертових елементів та високі швидкості обертання можуть призводити до підвищених динамічних навантажень. Плавне регулювання швидкості дозволяє знизити механічні напруження в опорних колонах, підшипникових вузлах і приводі, що сприяє подовженню терміну служби обладнання. До складу системи керування входять електродвигун, частотний перетворювач, програмований логічний контролер (ПЛК), панель оператора та комплекс контрольно-вимірювальних приладів. Панель оператора використовується для задання технологічних параметрів, зокрема частоти обертання барабана, тривалості окремих етапів процесу та режимів зупинки. Контролер виконує функції обробки сигналів, логічного керування та формування команд для виконавчих елементів системи.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Житнецький ІВ.</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Себеренчук В.М.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки	24-1867.МР.02.000.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1	

Перелік елементів структурної схеми системи керування триколонною фільтрувальною центрифугою типу BVG

№ п/п	Найменування елемента	Позначення на схемі	Основне призначення
1	Панель оператора	HMI	Введення та коригування параметрів роботи центрифуги, відображення поточного стану та аварійних повідомлень
2	Програмований логічний контролер	PLC	Обробка сигналів від датчиків, формування алгоритмів керування та передавання команд виконавчим пристроям
3	Частотний перетворювач	VFD	Регулювання частоти та напруги живлення електродвигуна, забезпечення плавного пуску і гальмування
4	Електродвигун приводу	M	Забезпечення обертального руху барабана центрифуги
5	Датчик частоти обертання	S ₁	Контроль швидкості обертання барабана та передавання сигналу зворотного зв'язку до контролера
6	Датчик вібрацій	S ₂	Виявлення підвищених вібрацій, що свідчать про дисбаланс або механічні несправності

№ п/п	Найменування елемента	Позначення на схемі	Основне призначення
7	Датчик температури підшипників	S ₃	Контроль температурного режиму підшипникових вузлів
8	Кінцевий вимикач захисної кришки	S ₄	Контроль положення кришки та реалізація блокування запуску при відкритій кришці
9	Блок живлення системи керування	PS	Забезпечення стабільного електроживлення елементів автоматизації
10	Аварійна кнопка зупинки	SB	Ручна зупинка центрифуги у разі виникнення небезпечної ситуації

Вона відображає основні функціональні блоки системи та взаємозв'язки між ними. Задані оператором параметри з панелі керування надходять до контролера, який аналізує їх і формує відповідні сигнали керування для частотного перетворювача. Частотний перетворювач, у свою чергу, змінює параметри електроживлення електродвигуна, забезпечуючи необхідну частоту обертання барабана.

Під час роботи центрифуги система керування здійснює безперервний контроль основних експлуатаційних параметрів. До контролера надходять сигнали від датчиків швидкості обертання барабана, рівня вібрацій, температури підшипникових вузлів, а також від кінцевого вимикача захисної кришки. Аналіз цих сигналів дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормального режиму роботи та запобігати виникненню аварійних ситуацій.

У разі перевищення допустимого рівня вібрацій, що може бути пов'язано з дисбалансом барабана або нерівномірним розподілом осаду, система керування автоматично знижує частоту обертання або виконує

зупинку центрифуги. Аналогічні дії здійснюються при перегріві підшипникових вузлів або порушенні умов безпеки, зокрема при відкритті захисної кришки під час обертання барабана. Реалізація таких захисних і блокувальних функцій є обов'язковою умовою безпечної експлуатації центрифуг типу BVG.

Таким чином, система керування триколонною фільтрувальною центрифугою типу BVG забезпечує комплексне автоматизоване керування технологічним процесом, підвищує надійність і безпеку роботи обладнання та створює умови для стабільного отримання продукту з заданими якісними показниками.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі виконано комплексне дослідження конструкції триколонної фільтрувальної центрифуги типу BVG C 10-A з корисним об'ємом барабана 0,2 м³, яка використовується для розділення суспензій у хімічному та фармацевтичному виробництві. За результатами дослідження запропоновано удосконалити центрифугу шляхом встановлення гідроприводу та гідроциліндрів для підйому кришки центрифуги.

Розрахунки та обчислювальне моделювання процесу фільтрування в середовищі SolidWorks Flow Simulation показали, що елементи конструкції центрифуги працюють у допустимих режимах навантаження. Максимальні значення тиску, які виникають у зоні стінок барабана, не перевищують 0,72 МПа і не створюють небезпечних умов експлуатації навіть з урахуванням ослаблення обичайки отворами для фільтрації. Отримані результати підтверджують достатній запас міцності основних конструктивних елементів барабана.

Аналіз напружено-деформованого стану гальмівного механізму засвідчив, що гальмівна стрічка та її елементи забезпечують надійну зупинку ротора центрифуги. Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності гальмівної стрічки становить 1,6, що відповідає вимогам експлуатаційної безпеки та гарантує стійку роботу механізму в робочих і аварійних режимах.

Проведений аналіз конструкції центрифуги дозволив оцінити її технічний рівень, експлуатаційні характеристики та відповідність сучасним вимогам безпеки й надійності.

Узагальнюючи отримані результати, можна зробити висновок, що запропоновані конструктивні та технологічні рішення забезпечують підвищення ефективності, безпеки та зручності експлуатації фільтрувальної центрифуги. Отримані результати можуть бути використані при модернізації діючих центрифуг типу BVG та при проектуванні нових моделей фільтрувального обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Україні потрібна сильна фармацевтична галузь. *Урядовий Кур'єр*. URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/ukrayini-potribna-silna-farmaceutichna-galuz/> (дата звернення: 04.01.2024).
2. Екстракція рослинної сировини: Навчальний посібник / Ю. І. Сидоров, І. І. Губицька, Р. Т. Конечна, В. П. Новіков. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008. 336 с.
3. Мирончук, В. Г. Оцінка середньої товщини шару міжкристального розчину на полідисперсних кристалах цукру в процесі центрифугування цукрових утфелів [Електронний ресурс] / В. Г. Мирончук, В. В. Підгорний, Б. В. Кузьменко // Харчова промисловість. – 2014. – Вип. 15. – С. 85–88.
4. Центрифугування цукрових утфелів. Теорія і практика : монографія / М. М. Пушанко, В. А. Лагода, Н. М. Пушанко, А. Ю. Гуменюк. – Київ : Вища освіта, 2010. – 439 с.
5. Вплив конструктивних особливостей центрифуг BW-1500S та ФПН1251Т-01 на процес центрифугування та якість цукру / О. О. Серьогін, В.М. Боровий, К. В. Пивоваров та ін. // Цукор України. – 2011. – № 4 (64). – С. 43–48.
6. Онищук О.О., Кормош Ж.О. Процеси та апарати хімічних виробництв: курс лекцій / Онищук Оксана Олександрівна, Жолт Олександрович Кормош. - Луцьк : Вежа-Друк, 2020 – 155 с.
7. Устаткування галузі та основи проектування: Підручник для студентів хіміко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Волошин М.Д., Шестозуб А.Б., Гуляєв В.М. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004, – 371 с.

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Житнецький ІВ.</i>	<i>Вид документа Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа НУХТ</i>	<i>Розробник документа Себеренчук В.М.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		24-1867.МР.02.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено Гавда ОМ.</i>	<i>Список використаних джерел</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова UA</i>	<i>Аркуш 1/1</i>

8. Центрифуга фільтруюча безперервної дії: пат. 1731 Україна : B04B 3/00. № 2002065201 ; заявл. 25.06.2002 ; опубл. 15.04.2003, Бюл. № 4. 8 с.

9. Центрифуга фільтруюча безперервної дії : пат. 128716 Україна : B04B 3/00. № u 2018 01736 ; заявл. 21.02.2018 ; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19. 5 с.

10. Production - Rousselet Robatel (en). *Rousselet Centrifugation et robatel Inc - Fabricant de centrifugeuses industrielles et de laboratoires - Rousselet Robatel.* URL: <https://www.rousselet-robatel.com/en/sector-of-activities/solid-liquid-sepration/production.html> (date of access: 27.01.2024).

11. Кушнірук В. М. Стандартизація промислового синтезу активних фармацевтичних інгредієнтів на прикладі амізону та дибамку : автореф. Автореферат. Харків, 2017. 26 с.

12. Хімічна технологія та обладнання підприємств. Навчальний посібник для студентів спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / О.Д. Клименко, Е.Л.Селезньов. – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 136 с.

13. Процеси та обладнання хімічної технології – 3. Гідромеханічні та механічні процеси: практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньої програми «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Я.М. Корнієнко, С.С. Гайдай – Електронні текстові данні (1 файл: 6,73 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – 210 С.

14. Simulation of the stress-strain state and determination of the natural frequency of the laboratory centrifuge shaft vibration using ANSYS and KISSOFT / I. Lavrenko et al. *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science.* 2023. Vol. 9, no. 3. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.23939/ujmeme2023.03.001> (date of access: 12.01.2024).

15. Disconzi F. P., Borghi F. T. Modeling, simulation, and optimization of the centrifugal separation of a microalgae-culture medium mixture. *Biomass and*

Bioenergy. 2020. Vol. 143. P. 105871.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105871> (date of access: 12.02.2024).

16. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак – Луцьк: Вежа, 2018. – 172 с

ДОДАТКИ

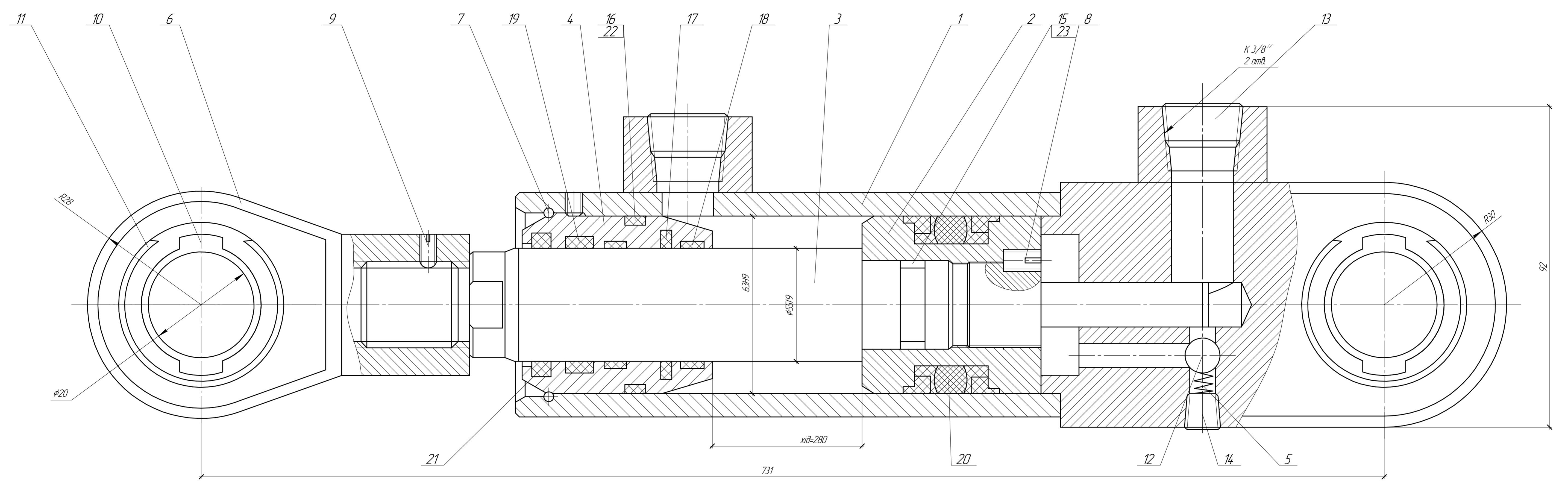
24-1867.MP.02.000.ПЗ

Інд. змін.

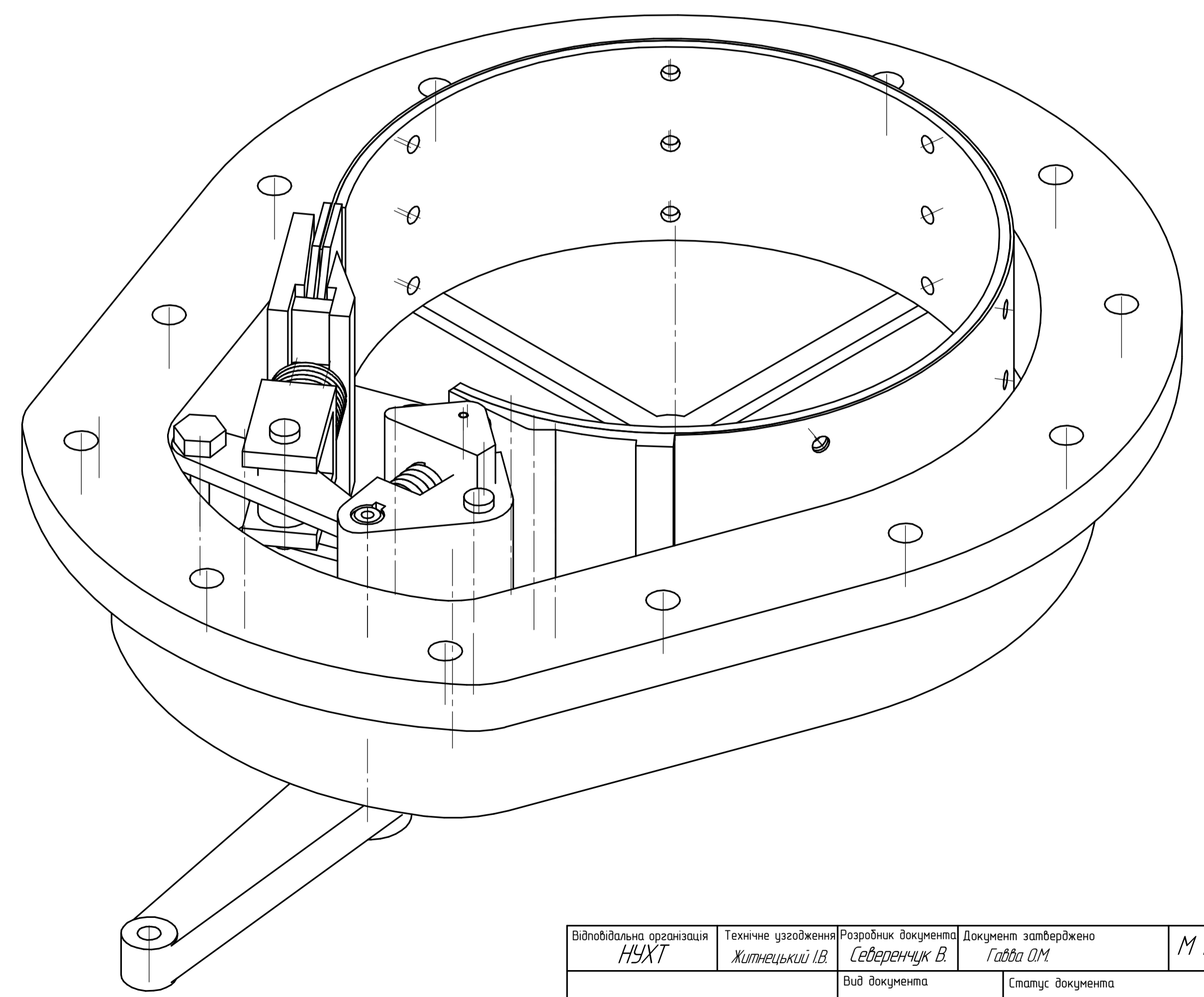
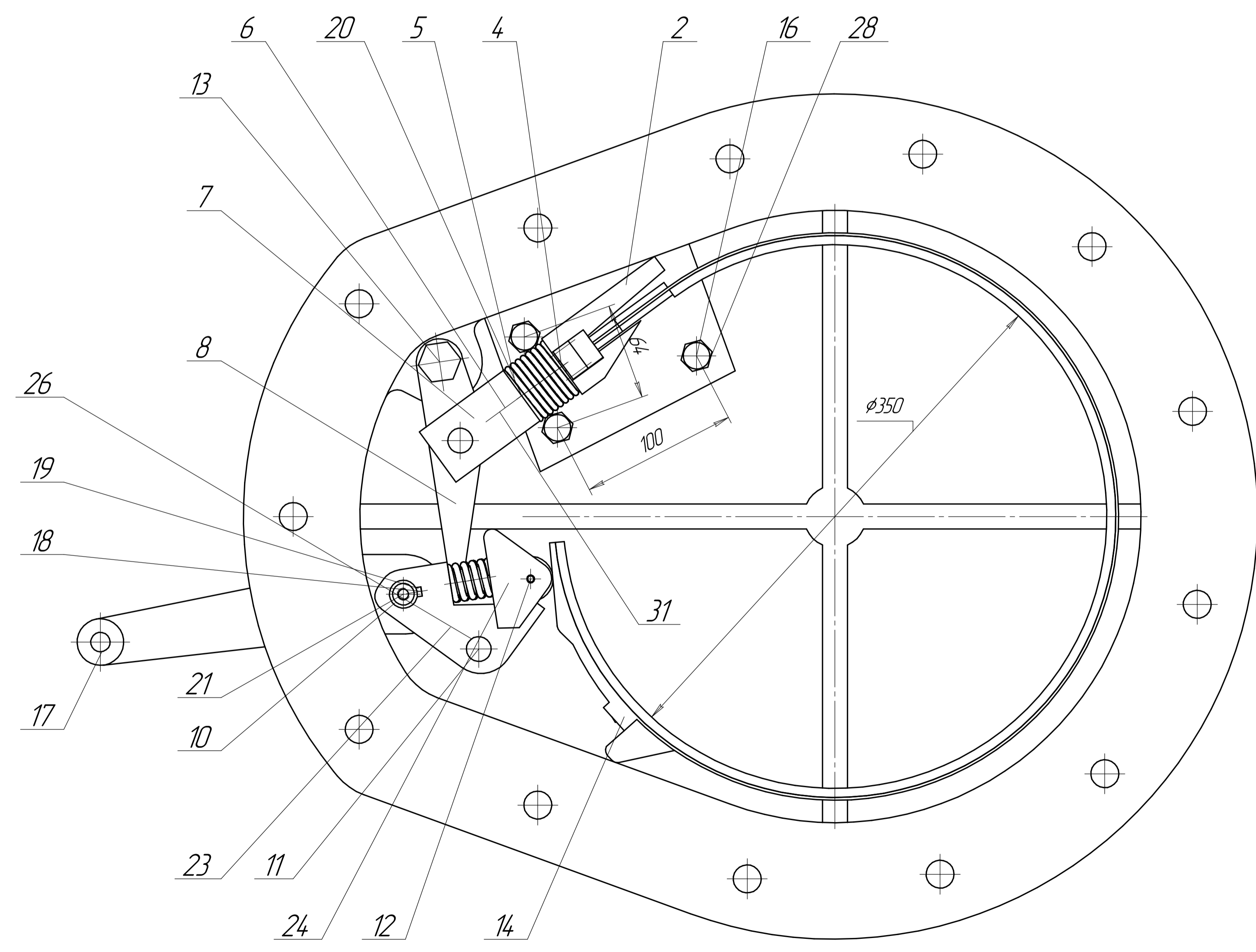
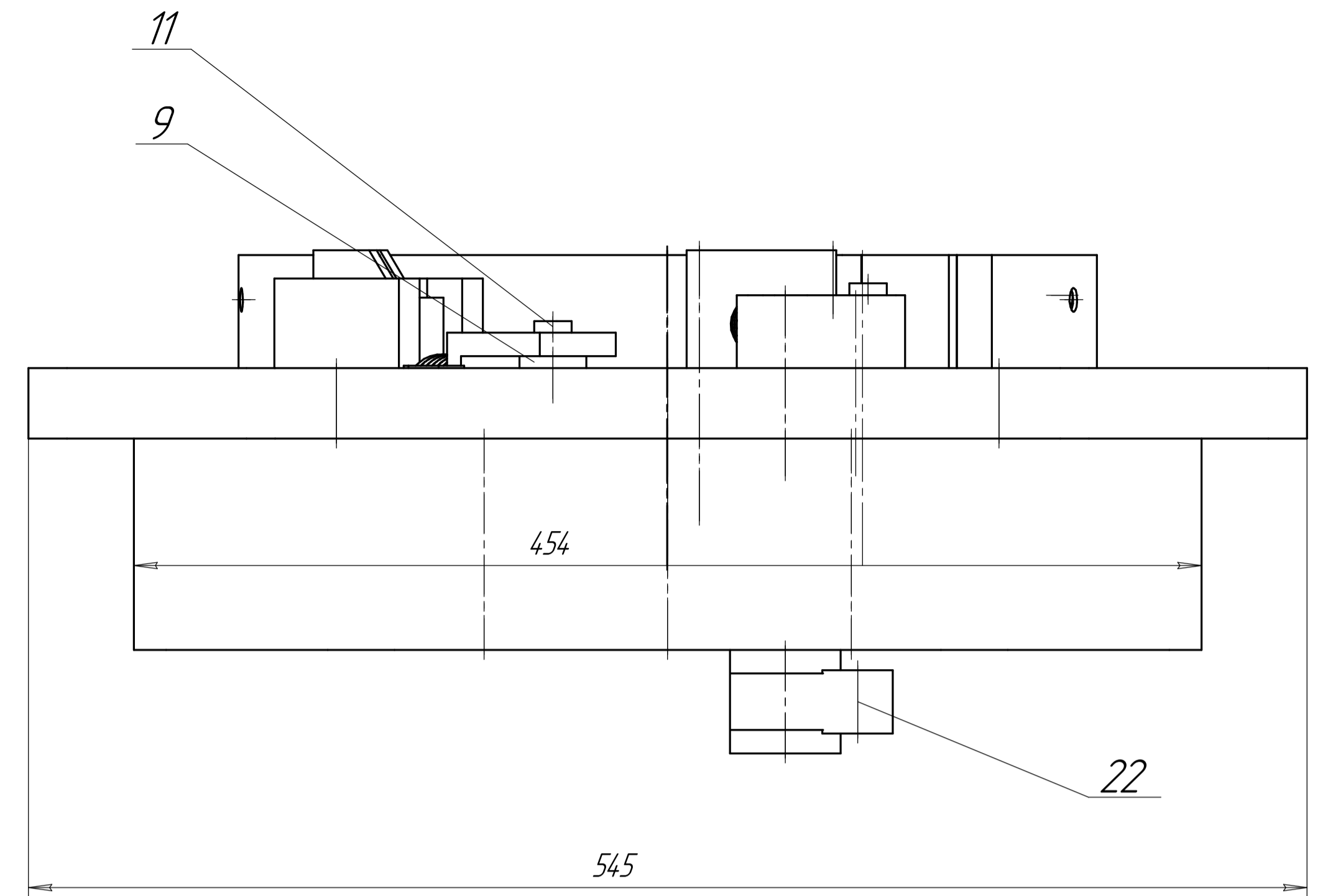
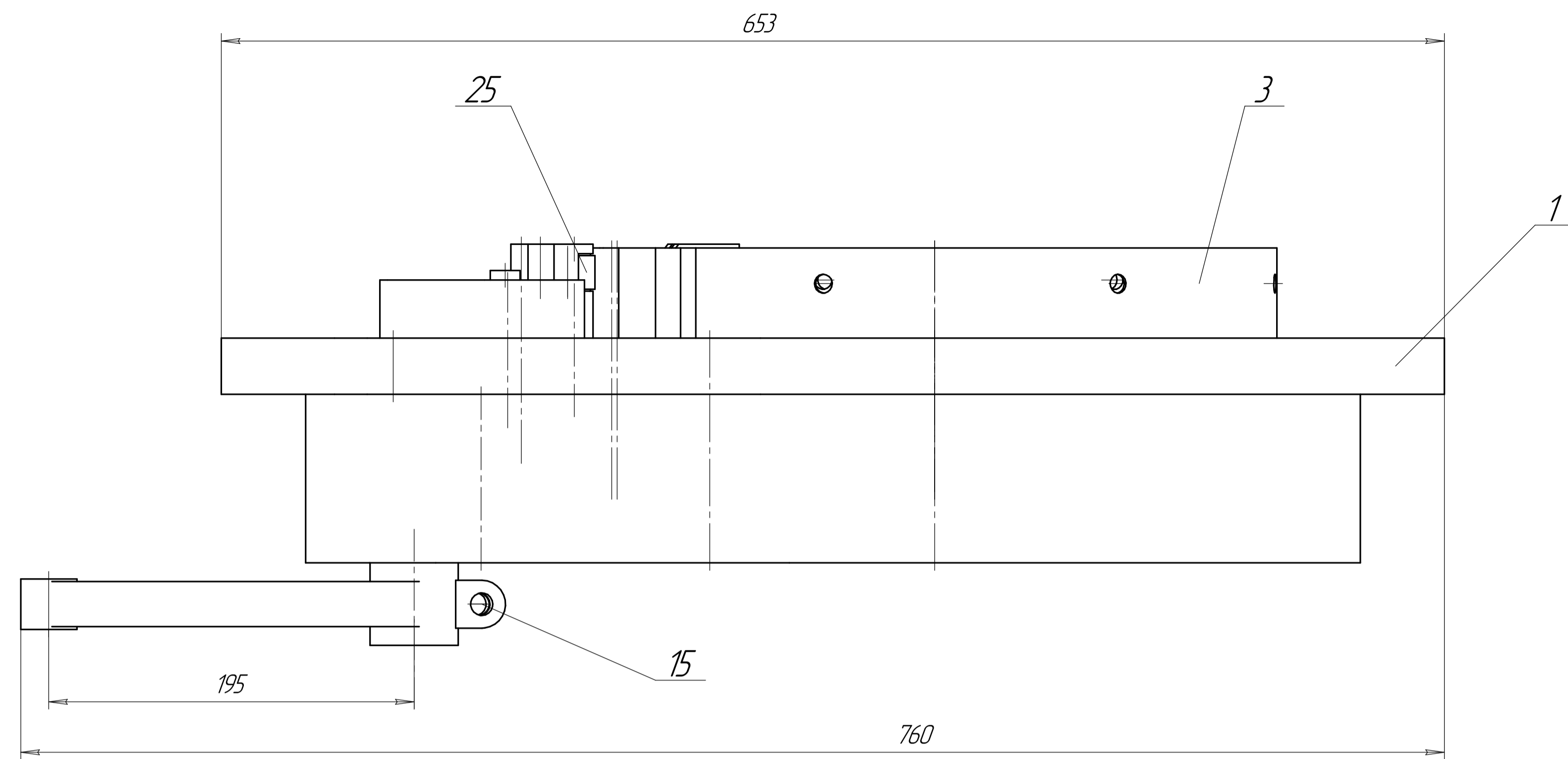
Дата видання

Мова
UA

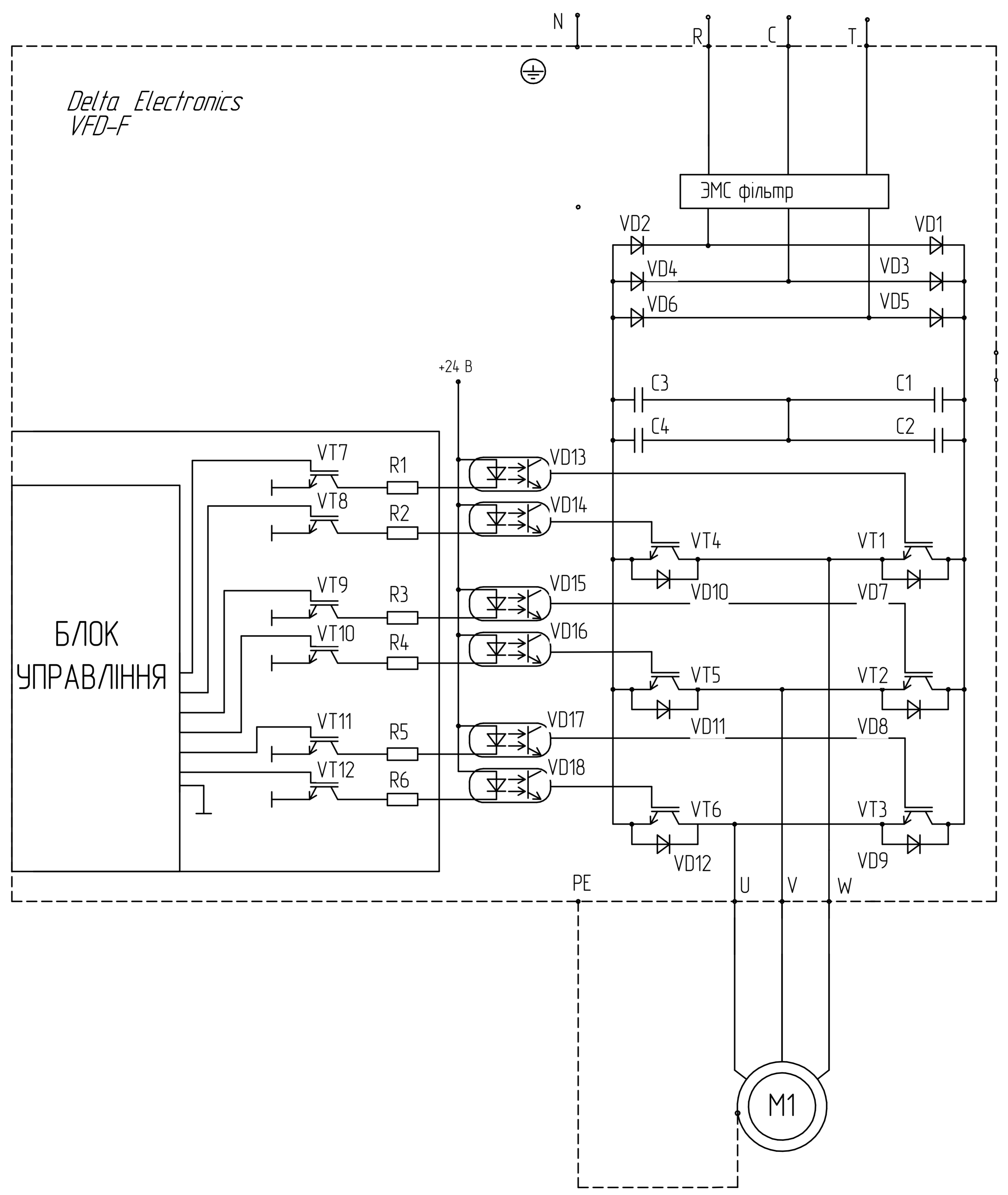
Аркуш



Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Житницький І.В.	Розробник документа Северенчук В.	Документ затверджено Гавва О.М.	М 2-1
НУХТ ОФ-2-5М		Вид документа Складальний креслення	Статус документа	
		Назва додаткової назва Гаршилід	24.1867.МР.0100.000 СБ	
	Інд.змін	Дата видання	Мова	Аркуші
			UA	1



Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Житницький І.В.</i>	Розробник документа <i>Себеренчук В.</i>	Документ затверджено <i>Габда О.М.</i>	<i>М 1:10</i>
Власник документа <i>НУХТ 30Ф-2-2М</i>		Вид документа <i>Складальний кресленник</i>	Статус документа	
		Назва, додаткова назва <i>Механізм гальмування центрируєи</i>	<i>24.1867.MP.01.10.000 СБ</i>	
Інв. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш	<i>1</i>



Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Житницький І.В.	Розробник документа Северенчук В.М.	Документ затверджено Гавва О.М.
Вид документа Принципова схема		Статус документа	
Назва, додаткова назва Силова електрична схема приводу		24.1867.MP.01.00.000	
Інд.змін.	Дата видання	Мова	Аркуші
		UA	1

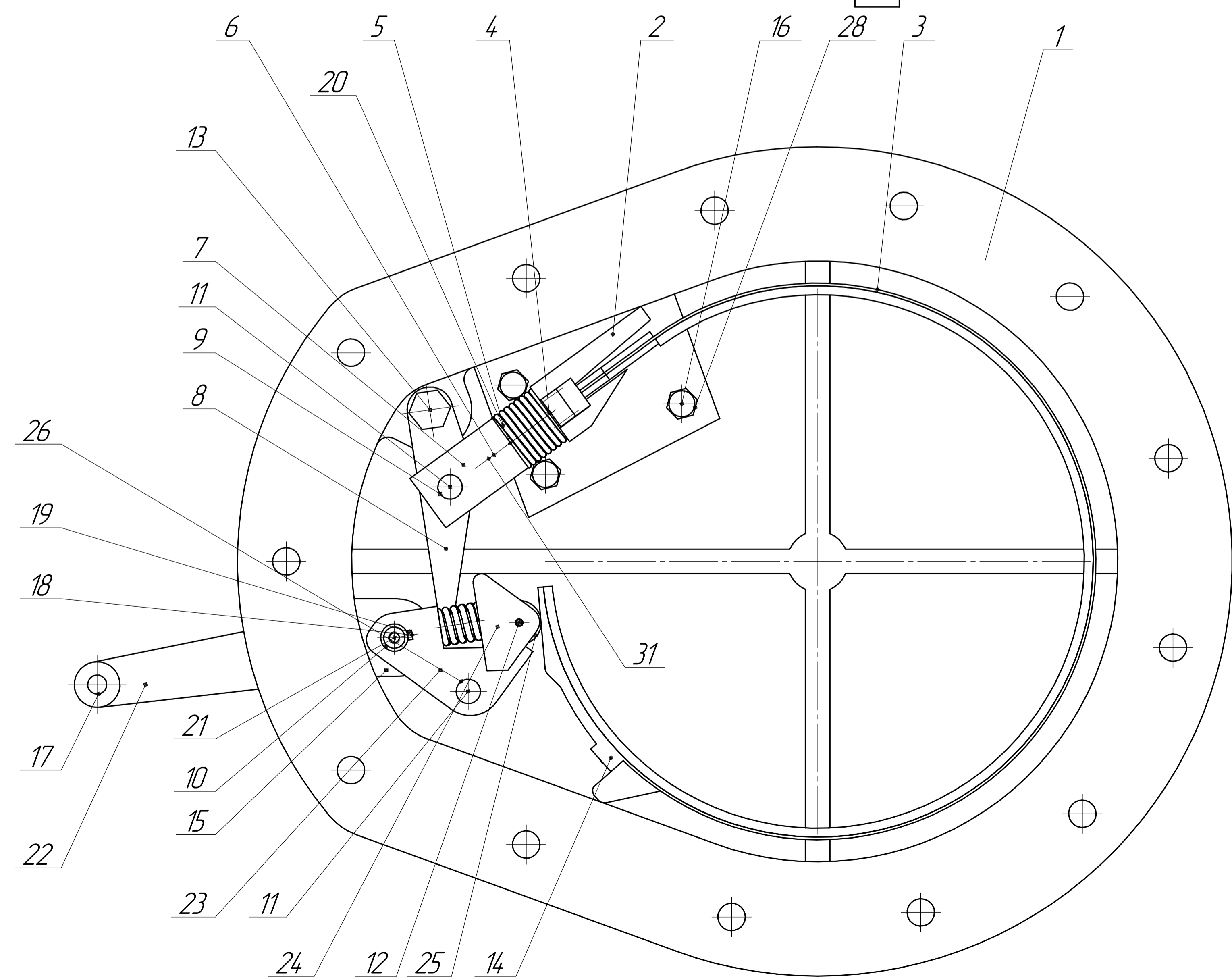
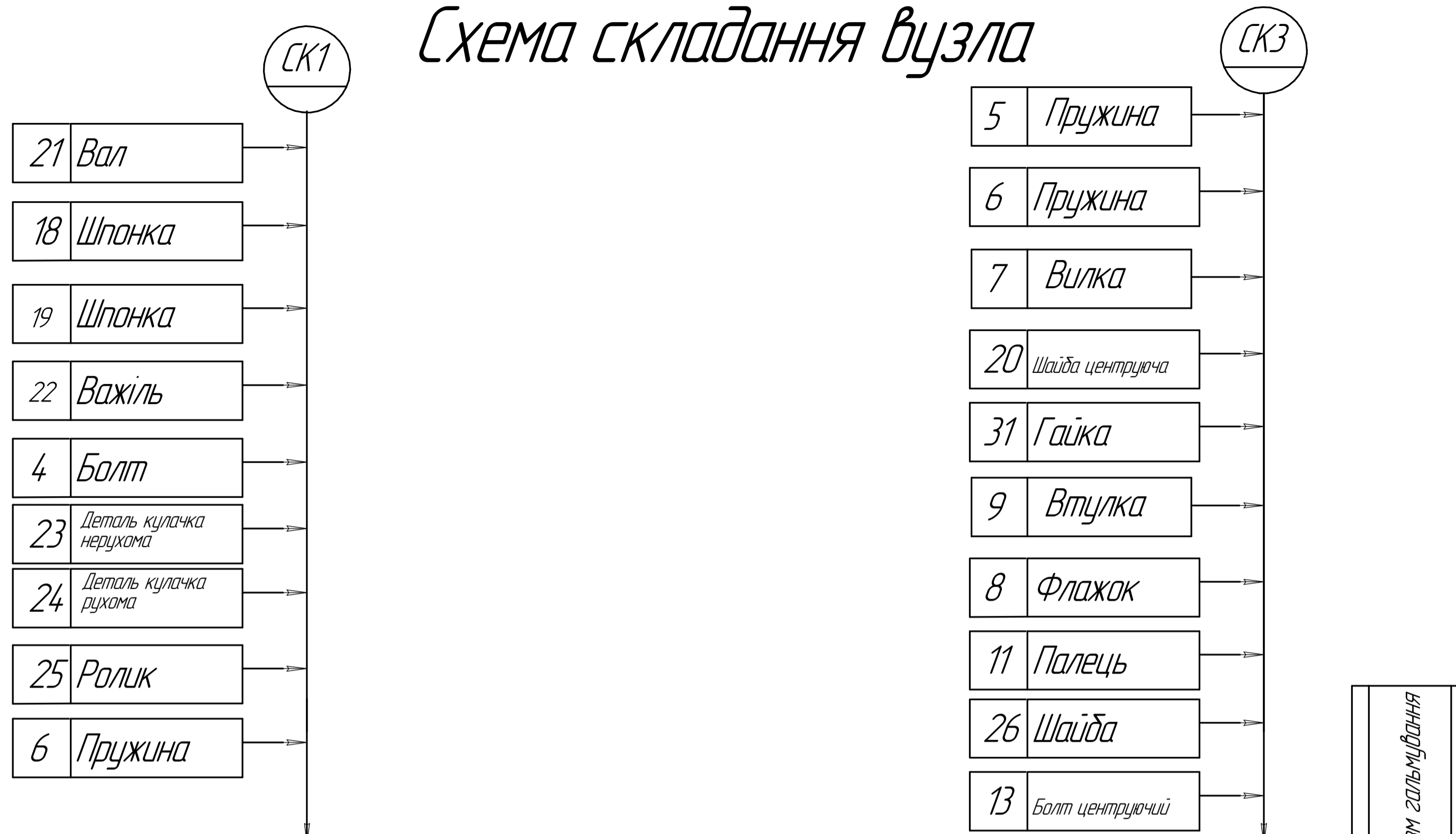
НУХТ 30Ф-2-3М

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка	
				<i>Документація</i>			
A1			22214.9.MP.06.00.000 СБ	Складальне креслення			
				<i>Складальні одиниці</i>			
		1	22214.9.MP.06.01.000	Корпус	1		
		3	22214.9.MP.06.02.000	Кришка	1		
		4	22214.9.MP.06.03.000	Барабан	1		
		5	22214.9.MP.06.04.000	Гідроциліндр	2		
		6	22214.9.MP.06.05.000	Станина	1		
		7	22214.9.MP.06.06.000	Амортизуюча колона	3		
		8	22214.9.MP.06.07.000	Оглядове вікно	1		
		9	22214.9.MP.06.08.000	Ліхтар	1		
		10	22214.9.MP.06.09.000	Гальма	1		
				<i>Деталі</i>			
		11	22214.9.MP.06.00.001	Фланець	1		
		12	22214.9.MP.06.00.002	Фланець	1		
		13	22214.9.MP.06.00.003	Болт фундаментний	3		
		14	22214.9.MP.06.00.004	Важіль гальмівний	1		
		16	22214.9.MP.06.00.001	Плита ковзання	1		
				<i>Покупні вироби</i>			
		2		Електродвигун	1		
		15		Вимикач блокування кришки	1		
Відповідальна організація НУХТ		Технічне узгодження Житнецький І.В.		Розробник документа Северенчук В.	Документ затверджено Гавва О.М.		Масштаб 1:1
Власник документа НУХТ				Вид документа Специфікація		Статус документа	
				Назва, додаткова назва Центрифуга		24.1867.MP.01.00.000 СБ	
				Інд. змін	Дата видання	Мова	Аркуш
						ua	1

Технологічний маршрут складання вузла

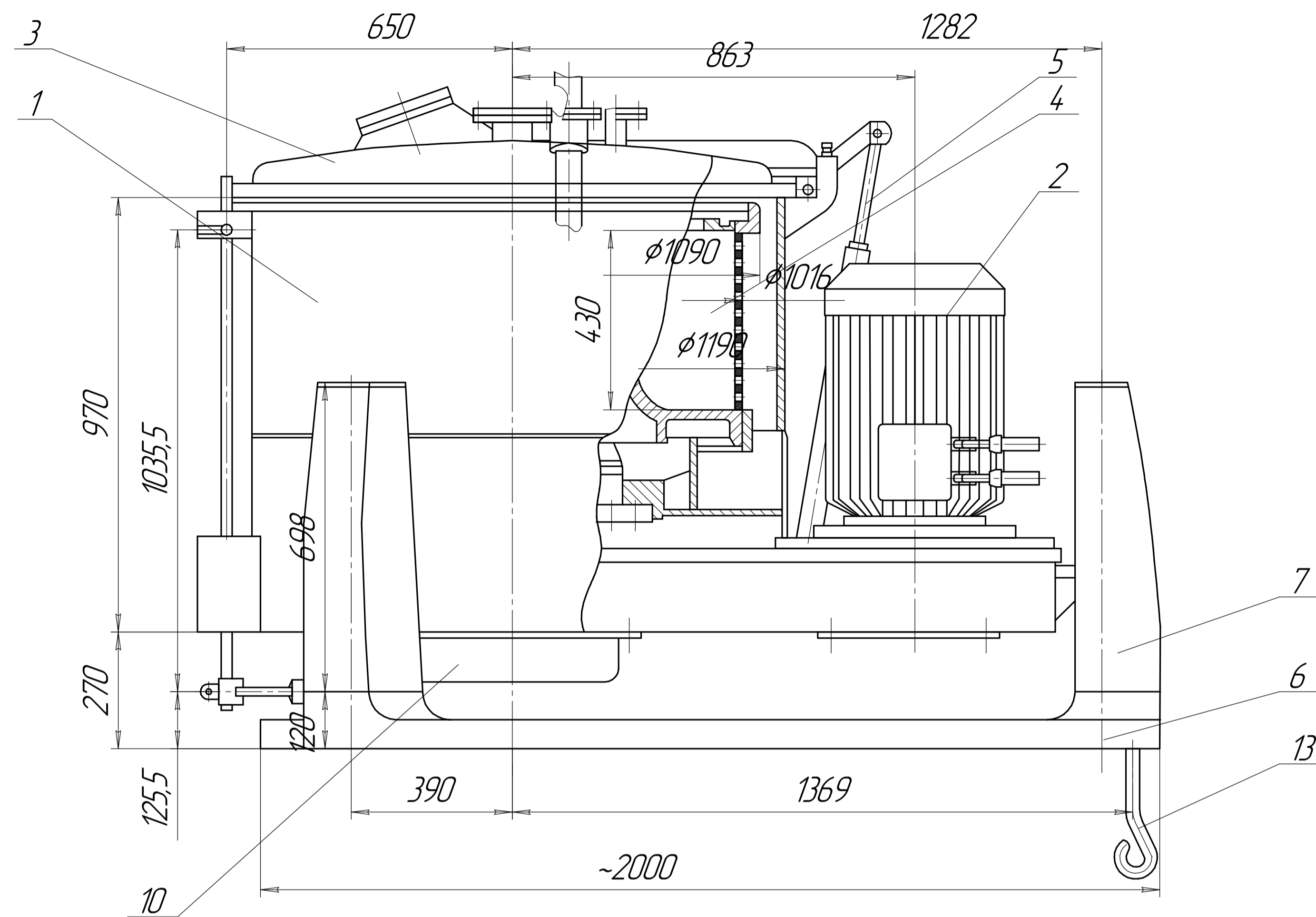
№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Складання вузла СК1	10.1. Запресувати бронзову втулку в корпус 10.2. Встановити шпонку на вал 10.3. Змонтувати важіль на вал 10.4. Зафіксувати болтом важіль 10.5. Встановити вал в бронзову втулку 10.6. Встановити два ролики на рухому деталь неповоротного кулачка 10.7. Закрутити два стопорні гвинти 10.8. Встановити дві пружини в центруючі напрямні 10.9. З'єднати поворотну і неповоротну деталі пальцем 10.10. Встановити шайбу і шпінт 10.11. Встановити шпонку на вал 10.12. Змонтувати неповоротний кулачок на вал 10.13. Встановити шайбу 10.14. Закрутити болт
20. Складання вузла СК2	20.1. Встановити в корпус напрямний фіксатор 20.2. Встановити три шайби 20.3. Закрутити три болти 20.4. Закрутити в гальмівну стрічку шпильку 20.5. Встановити гальмівну стрічку в напрямні фіксатора
30. Складання вузла СК3	30.1. Встановити пружину на шпильку 30.2. Вставити в пружину результуючу віську 30.3. Вставити в результуючу віську пружину 30.4. Закрутити дві гайки 30.5. Встановити в результуючу віську дві втулки 30.6. Встановити між етпками флажок 30.7. Встановити між етпками пальцем 30.8. З'єднати пальцем 30.9. Встановити шайбу і шпінт 30.10. З'єднати флажок з корпусом центруючим болтом

Схема складання вузла

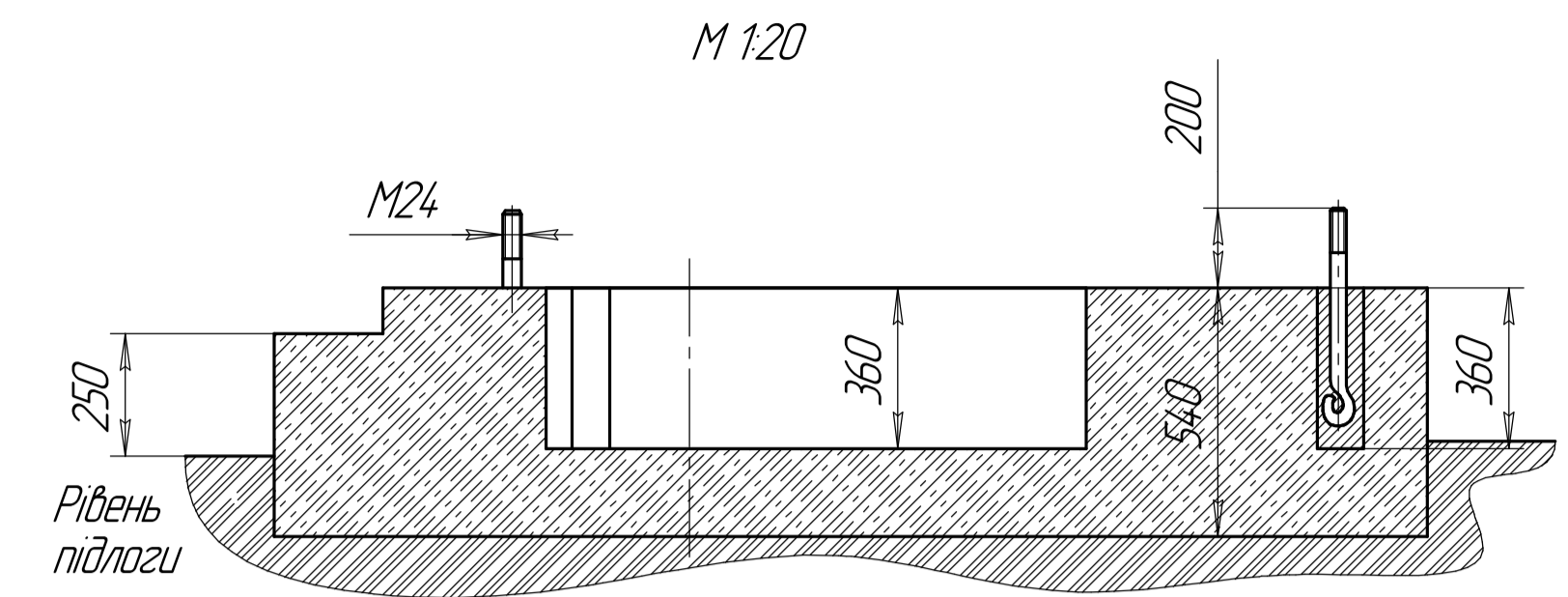


Поз.	Найменування	К-ть	Поз.	Найменування	К-ть
1	Корпус	1	17	Болт М12х35	1
2	Фіксатор гальмівної стрічки	1	18	Шпонка	1
3	Гальмівна стрічка	1	19	Шпонка	1
4	Шпилька М8х70	1	20	Центруюча шайба	1
5	Пружина φ4,15	1	21	Вал	1
6	Пружина φ25	3	22	Важіль неповоротного кулачка	1
7	Вилка регулююча	1	23	Нерухома деталь неповоротного кулачка	1
8	Флажок	1	24	Рухома деталь неповоротного кулачка	1
9	Втулка	2	25	Ролик	2
10	Втулка бронзова	1	26	Шайба φ8	1
11	Палець	2	27	Шайба φ10	3
12	Стопорний гвинт М10х30	2	28	Шайба φ12	3
13	Центруючий болт М10х45	1	29	Шпінт	2
14	Болт М6х25	1	30	Гравер	4
15	Болт М8х15	1	31	Гайка М8	2
16	Болт М10х25	3	32	Гайка М12	1

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Житницький ІВ.	Розробник документа Северенчук В.	Документ затверджено Габба ОМ.
Власник документа НУХТ		Вид документа Складальне креслення	Статус документа
		Назва, додаткова назва Технологія машинобудування	24.1867.МР.0100.000
		Інші зміни	Дата видання
		Мова	Аркуші

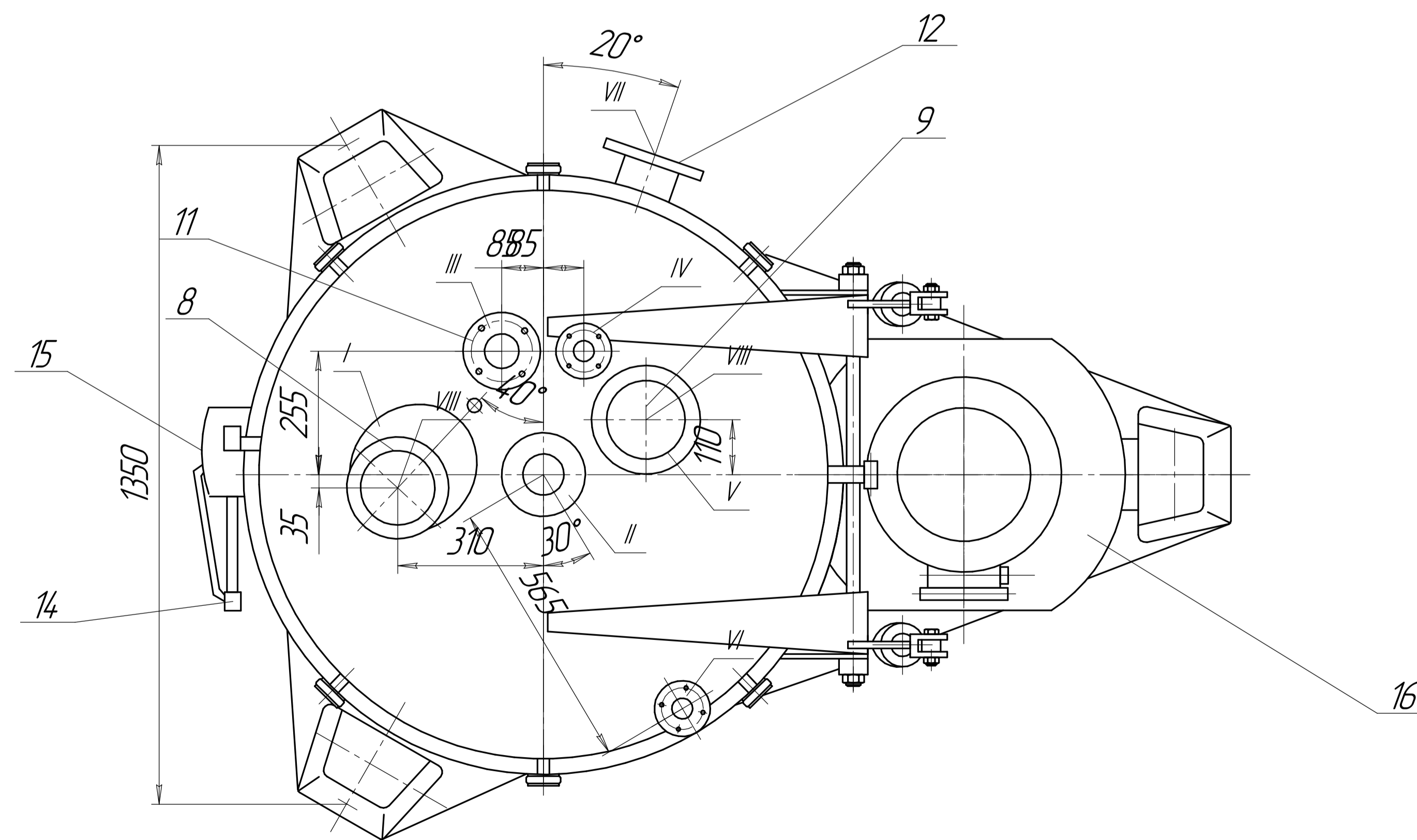


Після встановлення машини залити цементним розчином



Таблиця штуцерів

I	Оглядовий люк	$\phi 180$
II	Центральний штуцер	$\phi 80$
III	Вхід суспензії	$\phi 57$
IV	Промивка	$\phi 40$
V	Освітлення	$\phi 140$
VI	Повітряний клапан	$\phi 40$



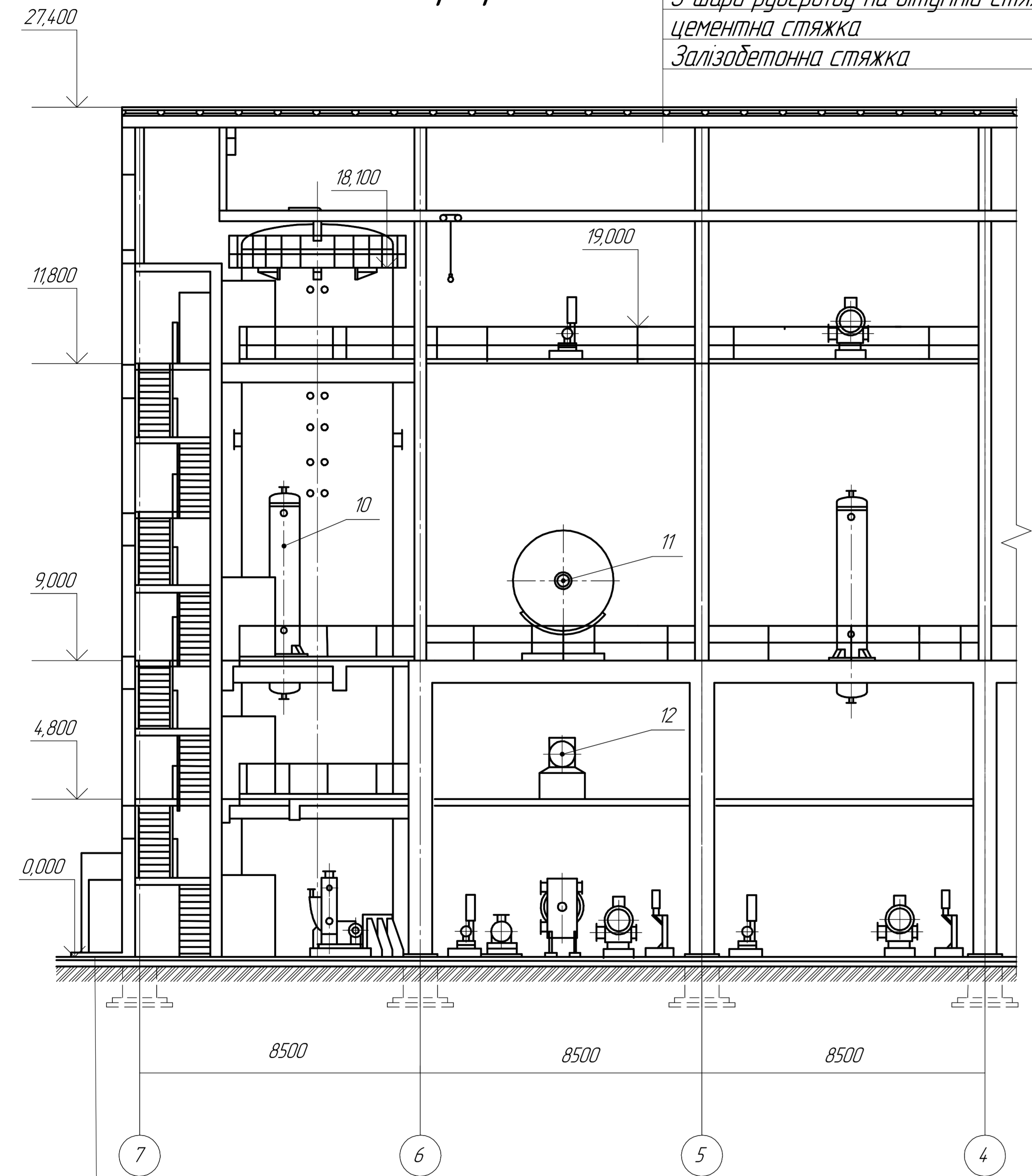
Технічна характеристика
 Тип BVGC-10 R
 Максимальне завантаження 200 кг
 Частота обертання дарадана макс. 940 об/хв
 Вага машини 2650 кг

Технічні вимоги

1. Апарат повинен відповідати "Правилам встановлення і безпечної експлуатації апаратів, що працюють під тиском".
2. Робота тарцевого ущільнення без ущільнювочної рідини не допускається, ущільнювача рідина повинна подаватися під тиском.
3. Призначення штуцерів - див. таблицю штуцерів.
4. Дійсне розташування штуцерів, опор, люка див. на вигляді зверху.
5. Невказані вильоти штуцерів 150 мм.
6. Зварні шви контролювати рентгенпросвічуванням або УЗД.
7. Фланцеве з'єднання люка опломбувати.

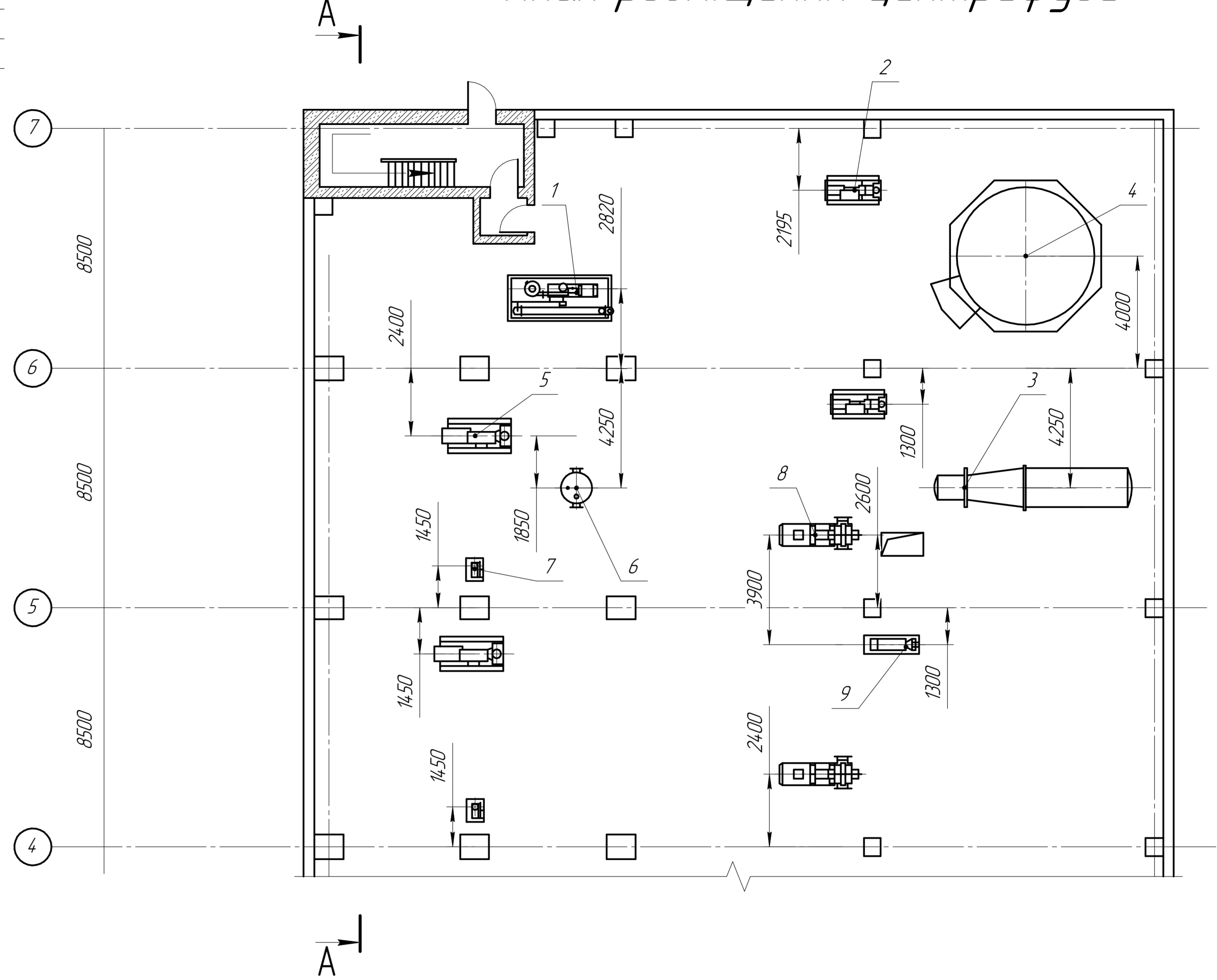
Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Житницький ІВ	Розробник документа Северенчук В.	Документ затверджено Габда ОМ	M 110
Власник документа НУХТ 30Ф-2-2М		Вид документа Складальний креслений	Статус документа	
		Назва, додаткова назва Центрифуґа	24 186 7.МР.01.00.000 СБ	
		Інв. змін.	Дата видання	Мова
				Аркуш 1

Переріз А-А *Гравій втоплений у бітумі*
3 шари руберойду на бітумній стяжці
цементна стяжка
Залізобетонна стяжка



Кислотостійка цегла
Бетон
Гравій
Ущільнений ґрунт основи

План розміщення центрифуги



Позиція	Найменування	Кількість	Примітка
1	Вакуумна установка	1	
2	Насос	2	
3	Сепаратор	2	
4	Центрифуга	1	
5	Насос колони дегазації	3	
6	Сито очистки	1	
7	Циркуляційний насос	2	
8	Насос	3	
9	Насос суспензії	1	
10	Конденсатор	2	
11	Ємність	1	
12	Парогенератор	1	

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Житницький І.В.	Розробник документа Северенчук В.М.	Документ затверджено Гавда О.М.
НУХТ ЗОФ-2-3М	Вид документа Схема	Статус документа	
	Назва, додаткова назва Виробничий цех синтезу /очищення	24.1867.МР.01.00.000	Інд.змн. Дата видання Мова Аркуші /1