

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до бакалаврського кваліфікаційного проєкту на тему:
**«РОЗРОБКА СУШИЛЬНОГО БАРАБАНУ ДЛЯ НЕОРГАНІЧНИХ
МАТЕРІАЛІВ»**

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 1ГМ-216

зі спеціальності 133

«Галузеве машинобудування»

(шифр і назва напрямку підготовки)

Бабійчук В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ГМ

Слабкий А.В.

(прізвище та ініціали)

«06» червня 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. АТМ

Кужель В.П.

(прізвище та ініціали)

«13» червня 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ГМ

д.т.н, професор Поліщук Л.К.

«10» червня 2025 р.

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
Спеціальність – 133 – Галузеве машинобудування
Освітньо-професійна програма – Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

Поліщук Л.К.

"04" березня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКИЙ КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ ЗДОБУВАЧУ

гр. ІГМ-216 Бабійчуку В.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема бакалаврського кваліфікаційного проєкту: РОЗРОБКА СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА ДЛЯ НЕОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

керівник бакалаврського кваліфікаційного проєкту Слабкий А.В., к.т.н. доцент,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 20.03. 2025 року №97

2. Строк подання здобувачем бакалаврського кваліфікаційного проєкту

3. Вихідні дані до бакалаврського кваліфікаційного проєкту 1) Оброблюваний матеріал – глина; 2) Максимальна температура для здійснення технологічного процесу, °C – 600; 3) Тиск в сушильній установці, МПа – 0,1.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Вступ; 2) Виконати дослідження з встановленням стану та тенденції розвитку сушильного обладнання барабанного типу, дослідити конструкції аналогічного обладнання; 3) Виконати патентно-інформаційний огляд аналогічних конструкцій; 4) Висновки з теоретичного огляду та постановка задач проєктування; 5) Розробка конструкції сушильного барабану для неорганічних матеріалів; 6) Виконати конструкторські та технологічні розрахунки, що необхідні для побудови розробленої конструкції сушильного барабану; 7) Розробити заходи з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1) Аналіз існуючих конструкцій обладнання для осушування матеріалів (ф. А1 – 1 арк); 2) Патентно-інформаційний огляд (ф. А1 – 1 арк); 3) Складальний кресленик

сушильного барабану для неорганічних матеріалів (ф. А1 – 1 арк); 4) Складальник креслення приводу сушильного барабану для неорганічних матеріалів (ф. А1 – 1 арк.); 5) Робочі кресленики деталей «ролик приводний», «кришка глуха» та «вал» (ф. А3 – арк., ф. А4 – 1 арк.).

6. Консультанти розділів бакалаврського кваліфікаційного проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання приймав
Технічний розділ (основна частина)	Слабкий А.В.	05.03.2025р. 	06.06.2025р. 
Охорона праці, безпека життєдіяльності	Поліщук О.В.	02.05.2025р. 	20.05.2025р. 

7. Дата видачі завдання 05.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврського кваліфікаційного проєкту	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналіз існуючих конструкцій сушильного обладнання для неорганічних матеріалів	05.03.2025р.	20.03.2025р.	визн.
2	Розробка конструкції сушильного барабану для неорганічних матеріалів	05.03.2025р.	20.03.2025р.	визн.
3	Виконання проєктних та перевірочних розрахунків конструкції	21.03.2025р.	07.04.2025р.	визн.
4	Розробка графічної частини БКП	08.04.2025р.	02.05.2025р.	визн.
5	Охорона праці	02.05.2025	12.05.2025	визн.
6	Оформлення текстової та графічної частини проєкту	12.05.2025	06.06.2025	визн.
7	Перевірка на плагіат			визн.
8	Нормоконтроль БКП	06.06.2025	09.06.2025	визн.
9	Рецензування БКП	10.06.2025	10.06.2025	визн.
10	Захист БКП	11.06.2025	16.06.2025	визн.
За графіком кафедри				визн.

Здобувач


(підпис)

Бабійчук В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Слабкий А.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 83 сторінок формату А4, на яких є 10 рисунків, 9 таблиць, список використаних джерел містить 28 найменувань.

У роботі здійснено аналіз відомих конструкцій сушильних установок для неограничених матеріалів та розроблено сушильний барабан для неорганічних матеріалів з покращеними техніко-економічними характеристиками. Виконанні проєктні та перевірочні розрахунки розробленої конструкції. Розроблені креслення згідно, яких можливе виготовлення розробленої конструкції.

Ключові слова: механізм, конструкція, сушильний барабан, неорганічні матеріали, розрахунок.

ANNOTATION

The bachelor's qualification work consists of 83 pages of A4 format, which include 10 figures, 9 tables, and the list of used sources contains 28 items.

The work analyzes known designs of drying plants for non-boundary materials and develops a drying drum for inorganic materials with improved technical and economic characteristics. Design and verification calculations of the developed design are performed. Drawings are developed according to which it is possible to manufacture the developed design.

Keywords: mechanism, design, drying drum, inorganic materials, calculation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОСУШУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ	5
1.1 Застосування сушильного обладнання в промисловості	5
1.2 Класифікація сушильних машин барабанного типу	8
1.3 Патентно-інформаційний огляд	12
2 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ.....	28
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	31
3.1 Розрахунок барабану.....	31
3.2 Вибір і перевірка електродвигуна.....	33
3.3 Вибір редуктора	35
3.4 Розрахунок елементів конструкції на міцність.....	39
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	47
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	49
4.3 Виробничий шум та вібрації.....	51
4.4 Технічні рішення з пожежної безпеки.....	52
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56
ДОДАТКИ.....	59
ДОДАТОК А . Технічне завдання	60
ДОДАТОК Б. Ілюстративна частина.....	71
ДОДАТОК В. Специфікації.....	79
ДОДАТОК Г Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	83

ВСТУП

На сучасному етапі, в плані економії енергетичних ресурсів гостро стоїть питання зниження енерговитрат теплових масообмінних апаратів, що використовуються для сушіння дисперсних матеріалів, оскільки процес сушіння є одним із найенергоємніших процесів у виробництві. У хімічній, харчовій та інших галузях промисловості для проведення процесів сушіння широке застосування знайшли барабанні сушильні апарати. Це обумовлено простотою їхньої конструкції, великою продуктивністю та універсальністю. Відомо, що основні витрати енергії в барабанних сушарках припадають на нагрівання сушильного агента та привід барабана. Тому для зниження енергоспоживання даними апаратами можуть бути використані два шляхи. По-перше, зменшення витрат на підготовку агента сушіння інтенсифікацією процесу міжфазного тепломасообміну, а по-друге, зниження потужності приводу. Іntenсифікувати процеси теплої масообміну можна шляхом поліпшення умов контакту матеріалу, що висушується і теплоносія. Для цього необхідно такий розподільний пристрій, який дозволяє рівномірно розподіляти матеріал поперечного перерізу барабана. Зменшення витрат енергії на привід в даних апаратах можна досягти використанням рухомої периферійної лопатевої насадки в нерухомому барабані. До того ж, така конструкція сушарки не вимагає дорогих опорних станцій і виключає втрати високотемпературного теплоносія через ущільнення в парі барабан-бункер.

Метою роботи є розробка сушильного барабану для неорганічних матеріалів з покращеними техніко-економічними показниками.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

– Дослідити існуючі конструкції сушильного обладнання, зокрема барабанного типу. Визначити раціональні напрями розробки нових конструкцій сушильних барабанів для неорганічних матеріалів з покращеними техніко-економічними показниками;

- Виконати патентно-інформаційний огляд конструкцій сушильних барабанів та новітніх технологій дегідратації;
- Обпираючись на результатах теоретичного дослідження теми кваліфікаційної роботи розробити конструкцію сушильного барабану для неорганічних матеріалів;
- Виконати теплові, конструкторські та технологічні розрахунки, які необхідні для побудови основних складальних одиниць сушильного барабану для неорганічних матеріалів.
- Розробити кресленики сушильного барабану для неорганічних матеріалів;
- Запропонувати заходи з охорони праці для безпечної експлуатації розробленої конструкції сушильного барабану для неорганічних матеріалів.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОСУШУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Застосування сушильного обладнання в промисловості

Сушінням називають термічний процес видалення вологи з твердих матеріалів шляхом її випаровування. Процес сушіння виробів і матеріалів супроводжується зміною обсягу, яке називають усадкою. За рахунок видалення вологи частинки матеріалу зближуються і розміри матеріалу або виробу зменшуються. При зміні об'єму (усадки) матеріал деформується, можливі короблення та розтріскування виробів [1 – 5].

Сушильні установки призначені для сушіння будівельних матеріалів, виробів та деталей. Одна з основних вимог, що пред'являються до сушильних установок це – забезпечення безперервного, економічного, швидкого та рівномірного сушіння за умови повної механізації та автоматизації.

Сушильні установки ділять на періодично дії і безперервної дії. В даний час будують сушарки в більшості випадків безперервної дії; в них організовується близький до стаціонарного теплового режиму. Матеріал транспортується по сушильній установці, віддає вологу і, висушений до необхідного вмісту вологи, вивантажується. Як транспортуючих пристроїв в сушильних установках можуть застосовуватися різні типи вагонеток і конвеєрів. Крім того, самі сушарки можуть одночасно служити транспортними пристроями (барабанна сушильна установка та ін.).

Робота сушильної установки оцінюється питомими витратами теплоти та електроенергії на видалення 1 кг вологи. В економічних установках витрата теплоти становить 3500-5000 кДж/кг випареної вологи. Електроенергія витрачається на транспортування сушильного агента. Питома витрата її коливається в дуже великих межах – від 0,05 кВт·год у звичайних тунельних сушарках для сушіння цегли до 0,2 кВт·год і вище в сучасних багатоколійних сушарках зі складним трактом руху сушильного агента [4, 6].

Класифікації сушильних установок за єдиним принципом поки що не існує [1 – 9]. Тому для класифікації використовують ряд ознак роботи сушарок. Так, (за режимом роботи сушарки ділять на періодичні і безперервної дії. Періодичні працюють за циклами. Спочатку установку завантажують матеріалом, далі проводять процес сушіння, після чого висушену продукцію вивантажують з установки. Тепловий режим у таких установках не стаціонарний. Сушильні установки безперервної дії Вивантаження виробів відбувається безперервно або з невеликими однаковими інтервалами (імпульсно).

За способом передачі теплоти сушарки ділять на конвективні, контактні (кондуктивні), радіаційні та змішані. В останніх застосовується будь-яке поєднання із зазначених трьох способів передачі теплоти. Останнім часом починають з'являтися інші установки: сушарки з використанням струму високої частоти, сушарки з періодичним скиданням тиску та ін. Проте в промисловості вони ще не отримали поширення.

За схемою руху сушильного агента розрізняють протиточні, прямоточні, змішані з рециркуляцією, з реверсивною циркуляцією та інші сушильні установки [7].

За конструкцією сушарок поділяють на розпилювальні для суспензій, газопарові для кускових і сипких матеріалів з сушінням у фільтрувальному, киплячому і віброкиплячому шарах, у зваженому і транспортується в сушильному агенті стані, барабанні, шнекові для кускових і штучних і листових матеріалів та ін. В даному моменті для сушіння передбачена сушилка барабанного типу, для сипких матеріалів [1, 8].

Для сушіння шматкових і сипких матеріалів застосовують різноманітні сушильні установки. З формули Ньютона відомо, що кількість випареної вологи з матеріалу qm пропорційно поверхні випаровування $qm=f(F)$. Отже, для кускових і сипких матеріалів необхідно застосувати такий спосіб сушіння, щоб кожна частка або шматок матеріалу омивалися з усіх боків сушильним агентом.

У цьому випадку за інших рівних умов ефективність сушіння буде максимальною.

Барабанні конвективні сушарки найбільше широко застосовуються в промисловості будівельних виробів. Вони прості у користуванні, економічні та надійні в експлуатації. Барабанна сушильна установка складається з сталевго барабана, що обертається, встановленого під кутом 4 – 6° до горизонту. Барабан забезпечений вінцевою шестернею, через яку здійснюється його обертання, і двома опорними бандажами. Бандажі при обертанні барабана котяться по нерухомих роликів опорах і виключають можливість пересування барабана в поздовжньому напрямку. Торці барабану за допомогою ущільнювальних кілець укріплені у двох камерах. Перша камера служить для подачі матеріалу, що здійснюється через течію живильником. Через другу камеру відбирається висушений матеріал, який через затвор потрапляє на конвеєр готової продукції.

Обидві камери одночасно призначені для подачі та відбору сушильного агента. Працюючи барабана методом прямогоку сушильний агент і матеріал пересуваються щодо одного напрямку, подача сушильного агента, здійснюється у першу камеру, а відбір відпрацьованого сушильного агента через другу камеру. При роботі барабана методом протитечії сушильний агент спочатку подається в другу камеру, а відбирається вже через початкову камеру, рух матеріалу залишається тим самим. Сушильний агент – теплоносій готується у виносній топці за допомогою спалювання палива, що подається через пальник, та повітря на горіння вентилятором, продукти горіння палива потрапляють у змішувальну камеру, де через вікно розбавляються холодним повітрям. Підготовлені та розведені повітрям продукти горіння палива – сушильний агент, подаються в першу камеру і надходять у сушильний барабан, де асимілюють вологу матеріалу. Відпрацьований сушильний агент відбирається з камери і надходить на очищення батарейний циклон. Після очищення відпрацьований сушильний агент вентилятором викидається в атмосферу. Для більш ретельного очищення відпрацьованого сушильного агента, щоб уникнути забруднення навколишнього середовища застосовують двостадійну очищення,

для чого встановлюють послідовно другий батареєний циклон або рукавний фільтр.

1.2 Класифікація сушильних машин барабанного типу

Перш ніж розпочати класифікацію машин барабанного типу, розглянемо загальну схему цих машин, виділивши функціональні системи (рис. 1.1), характерні будь-якої машини [2].

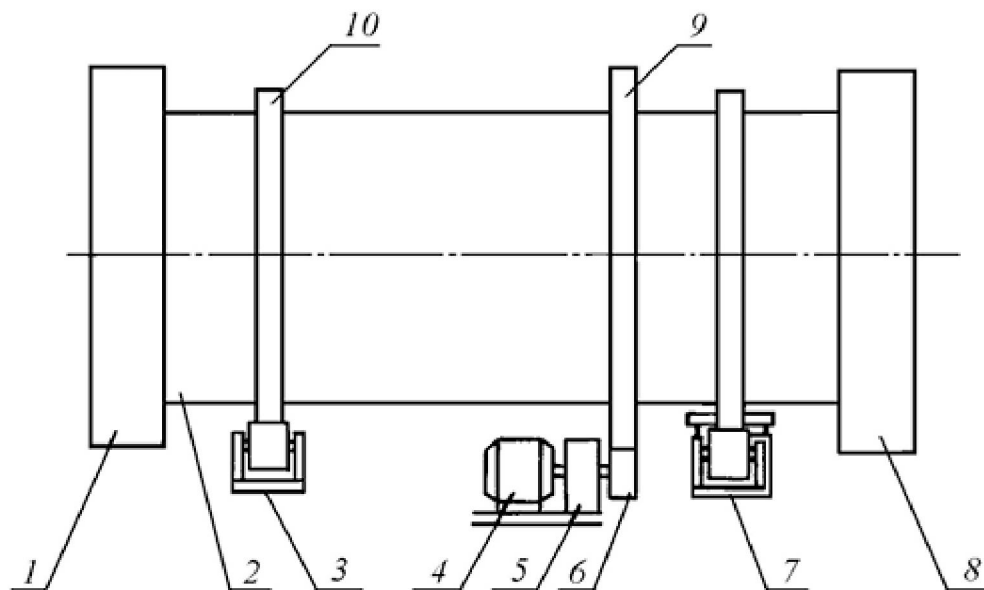


Рисунок 1.1 – Конструктивна схема машини барабанного типу

1. Корпус. Це основна несівна конструкція машини, що закріплена на фундаменті або встановлена іншим способом. Корпус є циліндричний барабан 2 (рис. 1.1). Барабан забезпечений бандажами 10, що передають навантаження від ваги барабана, заповненого матеріалом, на ролики опірної 3 і опорно-упорної станції 7. На опорно-упорній станції є пристрої, наприклад упорні ролики, для запобігання осьового переміщення барабана. Число опорних та опорно-упорних станцій залежить, в основному, від розмірів барабана.

2. Пристрої для подачі та відведення основних та допоміжних матеріалів. У машинах барабанного типу зазвичай використовуються дві камери для

завантаження 1 та вивантаження 8 матеріалу (рис. 1.1), а також для підведення та відведення газу. У грануляторах та реакторах є також пристрої для подачі сполучної рідини, газоподібних та рідких агентів. Іноді замість камер встановлюють так звані голівки [2], що являють собою рухомі камери, що притискаються до барабана. Місця з'єднань барабана, що обертається, з нерухомими камерами або головками ущільнюються спеціальними пристроями.

3. Виконавчі механізми. Робочі органи цих механізмів виконують необхідні для реалізації заданого технологічного процесу кінематичні та силові функції, виконуючи корисну роботу. Стосовно машин барабанного типу роль виконавчих механізмів грають різні внутрішні пристрої (лопати, шнеки і т.д.).

4. Привід машини, що включає двигуни та передавальні механізми. Найчастіше барабан приводиться у обертання від електродвигуна 4 через редуктор 5, шестерню 6, що сидить на вихідному валу редуктора, та вінцеве колесо 9, яке укріплене на барабані 2 (див. рис. 1.1). Електродвигун, редуктор та шестерня утворюють приводну станцію. Барабан може також приводитись у обертання за допомогою ланцюгової передачі, фрикційної тощо.

5. Система обігріву чи охолодження робочих зон машин. Ця система може бути вузлами подачі та відведення газоподібного теплоносія, а при кондуктивному обігріві – камери, встановлені із зовнішнього боку барабана 2, нагрівальні плити, змонтовані всередині барабана, тощо.

6. Система контролю технологічних параметрів і керування машиною. Найчастіше як контрольовані і варіюються параметри використовують температури матеріалу і газу, тиск газу.

7. Система та пристрої для змащування. У машинах барабанного типу вони встановлені в приводі, опорних та опорно-упорних станціях.

Машини барабанного типу зазвичай класифікують за видом технологічних процесів, що реалізуються, конструктивним особливостям, безперервності або періодичності роботи, способу тепло- і масопереносу [1]. У технічній літературі машини барабанного типу зазвичай розглядаються як із типів устаткування, застосовуваний у конкретній галузі промисловості, чи як

пристрій реалізації певного процесу, наприклад гранулювання. Такий вузький підхід до машин барабанного типу не дозволив створити єдину класифікацію, яка необхідна для розробки загальних методик їх розрахунку та могла бути використана для синтезу нових конструкцій, наприклад, методом морфологічної скриньки.

Є доцільним використовувати наступну класифікацію машин барабанного типу [3, 6, 9].

1. За наявності внутрішніх пристроїв барабана і кутової швидкості його обертання [5]: барабани, що повільно обертаються без внутрішніх пристроїв (обертові печі, охолоджувальні барабани і т.д.), барабани, що швидко обертаються без внутрішніх пристроїв (гранулятори, змішувачі і т.д.); барабани, що повільно обертаються, з внутрішніми пристроями (сушарки, гранулятори-сушарки, дозатори і т.д.).

2. За видом внутрішніх пристроїв: жорстко з'єднані з барабаном (лопаті, сектори, штирі і т.д.), рухомо з'єднані з барабаном (лопаті, ковші, ланцюги і т.д.), нерухомі, не з'єднані з барабаном (плити, скребки і т.д.), рухомі, не з'єднані т.д.), рухома насадка (кулі, хрести, стрижні тощо).

3. За схемою руху матеріалу та за кількістю барабанів: одноходові та багатоходові.

4. З приводу: із зубчастою, ланцюговою, фрикційною, пасовою передачею, із фрикційною через опорні ролики.

5. За конструкцією вузлів завантаження та вивантаження: з камерами, з відкатними головками.

6. За кількістю опорних станцій: двоопорні та багатоопорні.

7. За способом кріплення упорних роликів: з нерухомим упорним роликом, з рухомим упорним роликом і нерухомим гідроциліндром, з рухомими упорними роликами та гідроциліндром із закріпленням штоком.

8. За кількістю опорних роликів: з одинарними опорними роликами, з подвійними опорними роликами.

9. За способом кріплення вінцевого колеса до барабана: тверде кріплення, кріплення тангенціальними пружинами, кріплення аксіальними пружинами.

10. За способом кріплення бандажа: вільно одягнений бандаж, кріплення бандажа на черевиках, жорстке кріплення бандажа до барабана.

11. У напрямку руху сипучого матеріалу та обробного рідкого або газоподібного агента: прямоточні, протиточні, з поперечною подачею обробного агента, комбіновані.

12. За типом установки: стаціонарні та пересувні.

13. За технологічним призначенням: печі, сушарки, охолоджувачі, гранулятори, змішувачі, класифікатори, екстрактори, хімічні реактори, біотермічні барабани, живильники, дозатори.

14. За агрегатним станом обробних агентів: твердий + твердий, твердий + рідкий, твердий + газоподібний, твердий + рідкий + газоподібний.

Слід зазначити, що наведена класифікація не є детальною, оскільки, наприклад, для внутрішніх пристроїв, жорстко з'єднаних з барабаном, відомі десятки різних конструкцій, що враховують специфіку процесу, що реалізується в барабані.

Якщо прийняти перші дванадцять ознак за осі морфологічної скриньки, можна отримати мільйони варіантів поєднань різних елементів. Реально корисна кількість аналізованих варіантів, звичайно, значно менша. Перш ніж аналізувати поєднання вузлів, які розкриваються морфологічним ящиком, необхідно залежно від заданих конкретних умов скоротити до мінімуму кількість аналізованих вузлів тотожного призначення, тобто. які стосуються однієї осі, і тоді кількість варіантів можна скоротити до кількох сотень, а окремих випадках до десятків.

Останні дві ознаки класифікації не враховуються, оскільки не містять нових конструктивних ознак, а лише конкретизують вибір вузлів машини в цілому з урахуванням процесу, що реалізується в барабані, та агрегатного стану обробних агентів. Саме ці ознаки дозволяють суттєво скоротити кількість розглянутих варіантів. Морфологічний аналіз може призвести до створення

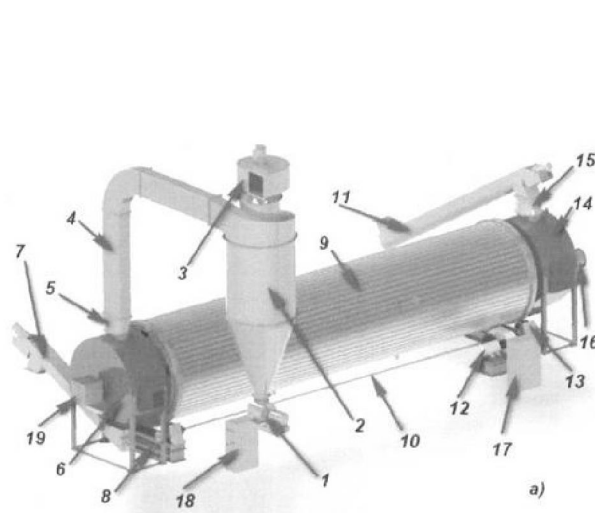
нових раціональних конструкцій, і це суперечить завданням уніфікації з двох причин. По-перше, уніфікація дає найбільший ефект, коли в її основу закладені найпрогресивніші варіанти рішення, а щоб їх знайти, необхідно проаналізувати всі відомі множини рішень. По-друге, враховуючи різноманітність процесів, що реалізуються в барабанах, доцільною є не тільки уніфікація машини в цілому, а й уніфікація окремих елементів конструкцій, наприклад опорних станцій, що дозволить у барабанів різного технологічного призначення використовувати одні й ті самі опорні станції. Вищим рівнем уніфікації у сенсі є модульна конструкція машини барабанного типу.

1.3 Патентно – інформаційний огляд

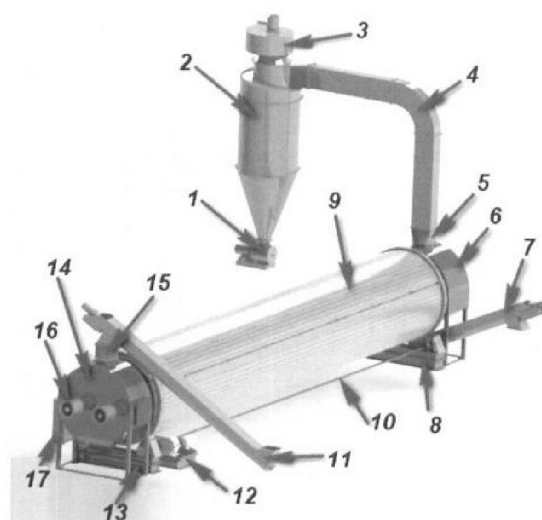
На рисунках 1.2 – 1.3 представлено конструктивну схему згідно патенту №83222 «Сушильна камера барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго"» [10].

В основу корисної моделі, що заявляється, поставлено задачу створити вискоелективний сушильний агрегат барабанного типу шляхом використання джерела нагріву сушильного агента із нагрівних інфрачервоних елементів "Індіго", адаптованих до властивості молекул води активно поглинати відповідний спектр інфрачервоного випромінювання, і напрацюванням конструктивних елементів сушильних камер барабанного типу у комбінації з системою попереднього підігріву матеріалу і повітря забезпечити можливість сушіння широкого асортименту сушильного матеріалу рівномірним розподілом його по перерізу і по довжині барабана з високим об'ємним коефіцієнтом теплообміну і зменшенням потужності на процес сушіння виключним відбором і виносом вологи від матеріалу без його нагріву зі збереженням органіки висушеного матеріалу.

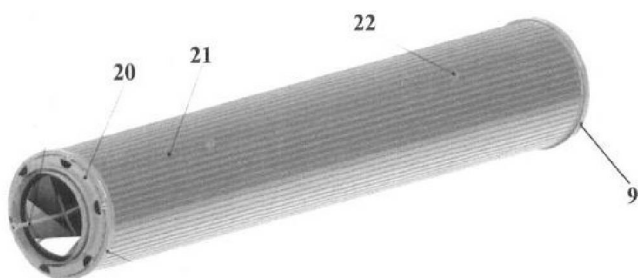
Поставлена задача виконується тим, що в пропонованій сушильній камері барабанного типу, котра містить електроштити управління механізмами і контролю напруги, привід, опорну і привідну станції сушильного барабана, який має корпус з сушильною камерою і джерело нагріву сушильного агента,



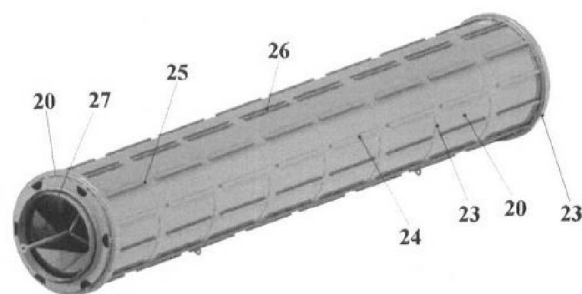
Фіг. 1



Фіг. 2



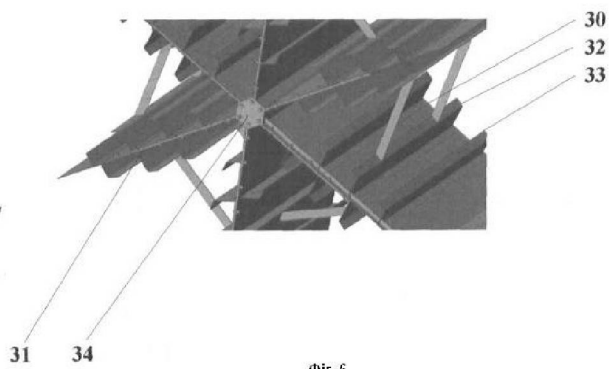
Фіг. 3



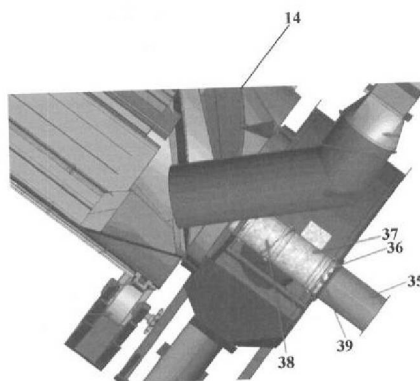
Фіг. 4



Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7

Рисунок 1.2 – «Сушильна камера барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго".згідно патенту №83222 (фіг. 1 – фіг.7)

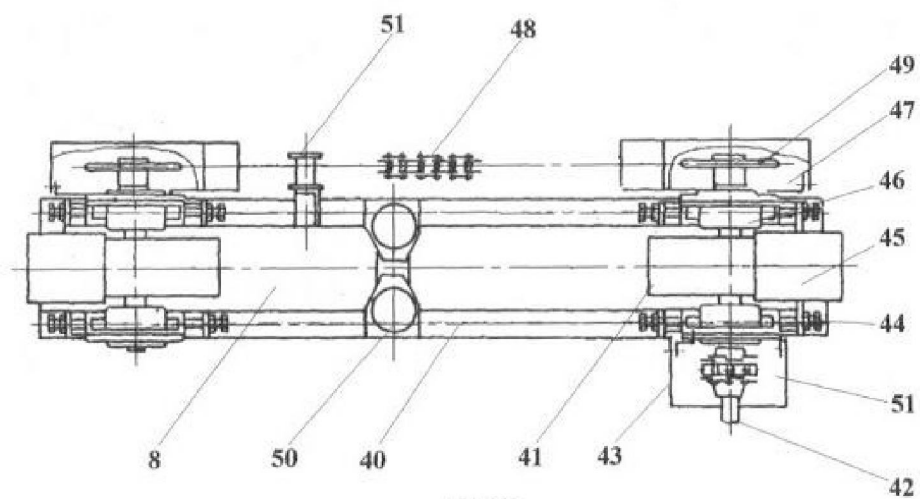


Fig. 8

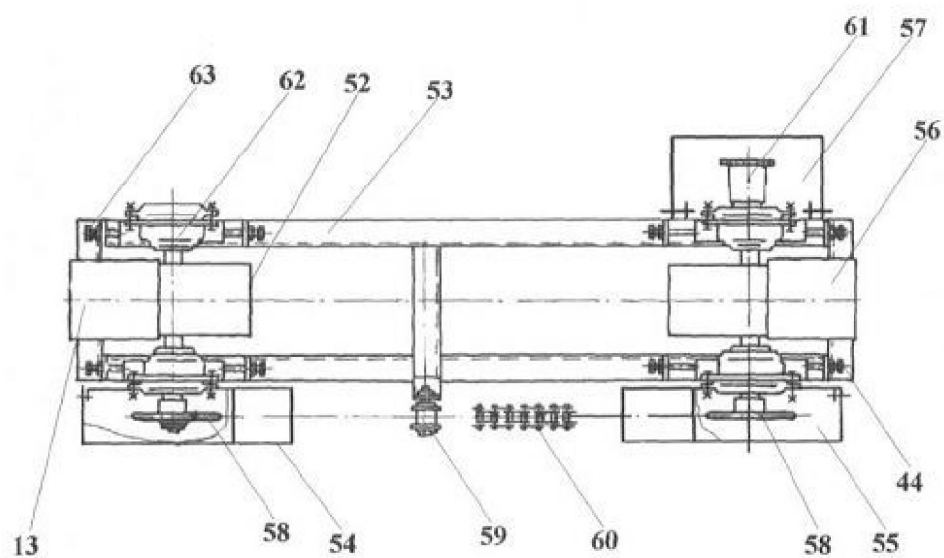


Fig. 9

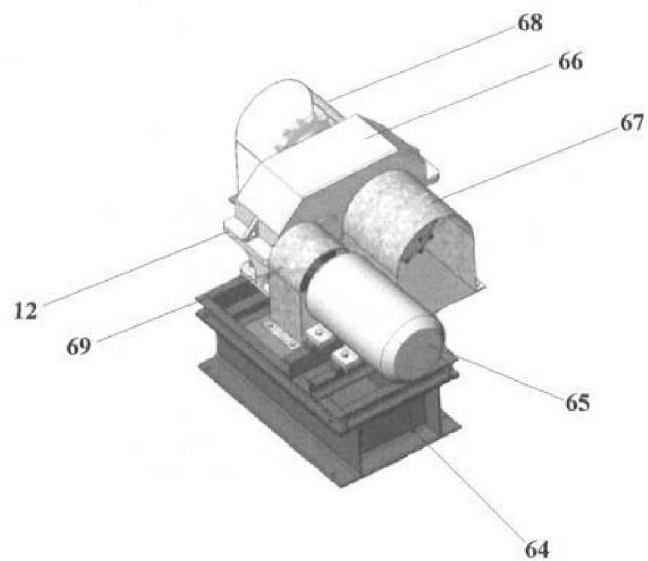


Fig. 10

Рисунок 1.3. – «Сушильна камера барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго".згідно патенту №83222 (фіг. 8 – фіг.10)

захищене обшивкою, корпус встановлений на привідному валу і споряджений завантажувальною і розвантажувальною камерами, до яких приєднані повітроводами вентилятори, завантажувальний і розвантажувальний конвеєри і циклон, згідно з корисною моделлю, сушильний барабан виконаний із зварного корпусу у вигляді циліндричної обичайки, звареної із окремих кілець, що скріплені додатковими кільцями жорсткості, поверх якої вздовж осі приварені напрямні, що утворюють по колу дванадцять секторів, в яких між двома сусідніми рядами напрямних розміщене джерело нагріву сушильного агента із нагрівних елементів інфрачервоного випромінювання типу "Індіго". При цьому напрямні приварені таким чином, що між торцем напрямних і кільцями жорсткості утворені кільцеві канавки для укладення кільцевих коробів з'єднувальної електропроводки від нагрівних елементів і повздовжній жолоб для укладки центрального повздовжнього короба з'єднувальної електропроводки, що об'єднує воєдино кільцеві короба. Нагрівні елементи захищені шаром теплоізоляції з листів фольгованої мінеральної вати типу ROCKWOOL, поверх якої накладена обшивка, виконана із гофрованого сталюого листа, покритого алюцинком, із окремих кілець, кожне із яких складено із трьох листів, центрального широкого і двох бокових вузьких, прикріплених саморізами до напрямних барабана, причому центральні листи прикривають нагрівні елементи, шар теплоізоляції поверх них, розподільчі коробки управління нагрівними елементами, прикріплені на кільцях жорсткості попарно з однієї та іншої сторони повздовжнього жолоба барабана, бокові листи розміщені над кільцями жорсткості і прикривають нагрівні елементи, розміщені на цих кільцях, та теплоізоляцію, прилягають одним загнутим кінцем з вирізом під коробки управління до центрального повздовжнього короба і прикривають місця з кільцевими канавками і / або вільні від центральних кілець місця, всередині корпусу сушильного барабана розміщено дві системи внутрішніх гвинтових і секторних насадок, гвинтові із яких розміщені одна на початку барабана, з боку завантаження матеріалу, і друга в кінці барабана, з боку розвантаження, і являють собою ряд із шести лопатей, що рівномірно

розподілені по колу і закріплені на внутрішній стінці конуса по гвинтовій лінії, а секторні насадки розміщені між гвинтовими з властивістю рівномірного розподілу матеріалу по перерізу з наближення його до центра обертання по всій довжині барабана з поділом робочого об'єму барабана на 6-8 умовних камер, в залежності від довжини барабана, розміщених послідовно одна за іншою, при цьому до стінок камер приварені лопаті/полички і перша секторна насадка з боку завантаження виконана з додатковим інфрачервоним нагрівом, для чого в шести кишеньках, приварених до променевих листів, що закриваються вставними планками, які фіксуються болтовим з'єднанням, розміщені додаткові нагрівні елементи типу "Індіго", відводи від яких виведені в центральну камеру з розподільчою клемною колодкою, що закрита кришкою болтовим з'єднанням, з якої проводи трубою виведені в центральний повздовжній короб на верх барабана, при цьому завантажувальна камера сушильного барабана виконана у вигляді скелетного каркаса з кутикового профілю і листового матеріалу, що має чотири ніжки із прямокутного трубчатого сортаменту, кожна з яких закінчується п'яткою з отворами під фундаментні болти, передня стінка камери з обох боків завантажувальної труби обладнана системою попереднього підігріву повітря, що містить каналні вентилятори з кожного боку, взаємно сполучені муфтою-фланцем і каналним нагрівником, який трубою і хомутами закріплений до труб каркаса камери, а розвантажувальна камера барабана безпосередньо з'єднана з розвантажувальним конвеєром, має на задній стінці закріплений струмознімач, який з'єднаний муфтою і валом співвісно з сушильним барабаном з можливістю обертання разом з ним, і зверху через отвір перехідника і повітровід з'єднана з циклоном, крім того барабан споряджений опорною і привідною станціями, що додатково обладнані системою опорних, упорних і натяжних роликів, регулюючих гвинтів і захисних огорож, а електрощит контролю управління механізмами додатково споряджений частотними перетворювачами. Крім того, сушильна камера барабанного типу виконана агрегатним комплектуванням зі знімними,

встановлювальними і транспортними компонентами з можливістю правостороннього і/або лівостороннього виконання.

Таким чином сукупністю відомих і пропонованих суттєвих ознак, конструктивним виконанням, компактним і технологічно досконалим розміщенням елементів, агрегатів і вузлів і їх причинно-наслідковим зв'язком створено комплексне технічне рішення, достатнє для виконання поставленої технічної задачі корисної моделі.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, що зображені на рисунках 1.2 – 1.3 фігурами 1 – 10:

На Фіг. 1 – наведена Сушильна камера барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго" (Лівостороннє виконання).

На Фіг. 2 – Сушильна камера барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго" (Правостороннє виконання).

На Фіг. 3 – Конструкція сушильного барабана.

На Фіг. 4 – Корпус сушильного барабана.

На Фіг. 5 – Конструкція насадок всередині барабана.

На Фіг. 6 – Конструкція секторної насадки з інфрачервоним нагрівом.

На Фіг. 7 – Конструкція завантажувальної камери сушильного барабана.

На Фіг. 8 – Конструктивна схема опорної станції.

На Фіг. 9 – Конструктивна схема привідної станції.

На Фіг. 10 – Привід сушильного барабана.

Сушильна камера барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго" складається із шлюзового затвора 1, як приклад У13-ШБМ-3, циклона одинарного 2, як приклад У13-ЦОЛ-9, вентилятора радіального 3 (ВР 88-72-6), повітроводу 4, перехідника 5, розвантажувальної камери 6, розвантажувального конвеєра 7 (як приклад, У13-БКШ315-3000), який може бути гвинтовим або скребковим в залежності від сушильного матеріалу, станції опорної 8, сушильного барабана 9, привідного вала 10, розвантажувального конвеєра 11 (як приклад, У 13-БКШ315-5000), який також може бути гвинтовим або скребковим в залежності від сушильного матеріалу,

приводу 12, станції привідної 13, камери завантажувальної 14, перехідника 15, вентилятора 16 (DELTA FAN 315/KAN/8-8/35/400H, електрошита управління механізмами 17 з частотними перетворювачами, електрошита контролю напруги / управління нагрівом 18 і струмознімача 19. При цьому пропонується сушильна камера в залежності від умов експлуатації пропонується лівостороннього (Фіг. 1) і правостороннього (Фіг. 2) виконання.

Головним вузлом сушильної камери є сушильний барабан (9) (Фіг. 3), призначений для безпосереднього здійснення процесу сушіння матеріалу шляхом дії через нього потоку інфрачервоного випромінювання нагрівними елементами "Індіго", що вмонтовані поверх циліндричної обичайки корпусу барабана. При цьому сушильний барабан складається з корпусу 20 (Фіг. 4), обшивки 21, яка покриває нагрівні елементи, що прилягають безпосередньо до циліндричної обичайки корпусу (20) і притискаються теплоізоляційним шаром із листів фольгованої мінеральної вати 22 (ROCRWOOL), поверх якої накладена обшивка 21, виконана із гофрованого сталюого листа, покритого алюцинком, із окремих кілець, кожне із яких складено із трьох листів, центрального широкого і двох бокових вузьких, прикріплених саморізами до напрямних барабана 24 (Фіг. 4), причому центральні листи прикривають нагрівні елементи, шар теплоізоляції поверх них, розподільчі коробки управління нагрівними елементами, прикріплені на кільцях жорсткості попарно з однієї та іншої сторони повздовжнього жолоба 24, бокові листи розміщені над кільцями жорсткості 23, прикривають нагрівні елементи розміщені на цих кільцях та теплоізоляцію, прилягають одним загнутим кінцем з вирізом під коробки управління до центрального повздовжнього короба 26 і прикривають місця з кільцевими канавками 25 і/або вільні від центральних кілець місця.

Корпус (20) сушильного барабана (9) (Фіг. 4) являє собою циліндричну обичайку, зварену із окремих кілець, що скріплені додатковими кільцями жорсткості 23, поверх якої вздовж осі приварені напрямні 24, що утворюють по колу дванадцять секторів, в яких між двома сусідніми рядами напрямних 24 розміщені нагрівні елементи інфрачервоного випромінювання типу "Індіго".

Напрямні 24 приварені таким чином, що між торцем напрямних 24 і кільцями жорсткості 23 утворені кільцеві канавки 25 для укладення кільцевих коробів з'єднувальної електропроводки від нагрівних елементів і повздовжній жолоб 26 для укладки центрального повздовжнього короба з'єднувальної електропроводки, що об'єднує воедино кільцеві короби і нагрівні елементи.

Всередині корпуса 20 сушильного барабана 9 розміщено дві системи внутрішніх гвинтових 27 і секторних 28 насадок. Гвинтові насадки 27 розміщені одна на початку барабана (Фіг. 5), з боку завантаження матеріалу, і друга в кінці барабана, з боку розвантаження, і являють собою ряд із шести лопатей 29, що рівномірно розподілені по колу і закріплені на внутрішній стінці конуса 30 по гвинтовій лінії. Секторні насадки 28 (Фіг. 6) розміщені між гвинтовими 27 з властивістю рівномірного розподілу матеріалу по січенню з наближення його до центру обертання по всій довжині барабана 9 з поділом робочого об'єму барабана на вісім окремих камер 30, розміщених послідовно одна за іншою. До стінок камер приварені лопаті/полички 31 у вигляді променевих листів і перша секторна насадка 28 з боку завантаження виконана з додатковим інфрачервоним нагрівом, для чого в шести кишеньках 32, приварених до променевих листів 31, що закриваються вставними планками 33, які фіксуються болтовим з'єднанням, розміщені додаткові нагрівні елементи типу "Індіго", відводи від яких виведені в центральну камеру з розподільчою клемною колодкою, що закрита кришкою болтовим з'єднанням 34, з якої проводи трубкою виведені в центральний повздовжній короб 26 на верх барабана 9. Завантажувальна камера 14 (Фіг. 7) сушильного барабана 9 виконана у вигляді скелетного каркаса з кутикового профілю і листового матеріалу, що має чотири ніжки із прямокутного трубчатого сортаменту, кожна з яких закінчується п'яткою з отворами під фундаментні болти (на кресл. не наведено). Передня стінка завантажувальної камери 14 з обох боків завантажувальної труби обладнана системою попереднього підігріву повітря, що містить каналні вентилятори 35 з кожного боку, взаємно сполучені

муфтою-фланцем 36 і каналним нагрівником 37, який трубою 38 і хомутами 39 закріплений до труб каркаса камери 14.

Розвантажувальна камера 6 барабана 9 безпосередньо з'єднана з відвідним розвантажувальним конвеєром 7, який може бути гвинтовим або скребковим в залежності від сушильного матеріалу, має на задній стінці закріплений струмознімач 19, який з'єднаний муфтою і валом співвісно з сушильним барабаном 9 з можливістю обертання разом з ним і зверху, через отвір переходника 8 і повітровід 4, з'єднана з циклоном 2. Барабан 9 споряджений опорною (Фіг. 8) і привідною 13 (Фіг. 9) станціями, що додатково обладнані системою опорних 41 і 52, упорних 50 і натяжних роликів 51 і 59, регулюючих гвинтів 44 і захисних огорож 54, 55, 56 і 57. Так опорна станція 8 (Фіг. 8), що призначена для обертання і утримання сушильного барабана 9 з запобіганням осьовому зміщенню, складається із рами 40, опорних роликів 41, вала привідного 42, огороження муфт 43, упорно-регулюючих гвинтів 44, огороження роликів 45, підшипникових вузлів 46, огороження ланцюгової передачі 47 і 48, зірочок 49, упорних роликів 50 і ролика натягу ланцюгової передачі 51. Привідна станція 13 (Фіг. 9), що призначена для обертання сушильного барабана 9, бандаж якого опирається на вільнообертальні опорні ролики 52, і передачі обертового моменту від редуктора приводу 12 на опорні ролики 52 за допомогою привідного вала 10, складається із рами 53, опорних роликів 52, огорож роликів і зірочок 54, 55 і 56, огорожі півмуфти приводу 57, зірочок 58, натяжного ролика 59, ланцюгової передачі 60, півмуфти приводу 61, підшипникових вузлів 62 і упорно-регулюючих гвинтів 63. Привід 12, в свою чергу має раму 64, на якій встановлений електродвигун 65, двоступеневий редуктор 66, кожухи ланцюгових муфт 67, 68 і 69, що з'єднують вал редуктора 66 з привідним валом 10 і передають обертовий момент на опорні ролики 41 опорної станції 8 та з валом опорних роликів 52 привідної станції 13.

Сушильна камера барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго" працює так.

Завантажувальним конвеєром 11, який може бути гвинтовим або скребковим в залежності від сушильного матеріалу, сушильний матеріал, як приклад зерно, подають гвинтовим конвеєром 11 через перехідник 15 і завантажувальну трубу на приймальну гвинтову насадку 27 сушильного барабана 9 і далі на секторні насадки 28. При цьому системою попереднього підігріву повітря, що змонтована по обидва боки завантажувальної труби, повітря, проходячи через вентилятор 16 і каналний нагрівач 35, розігрівається до необхідної температури (як приклад, 35-40 °C). Гвинтові насадки 27, що розміщені на початку з боку завантаження барабана 9 і в кінці з боку вивантаження, виконують функції відповідно подачі матеріалу в барабан 9 і вивантаження його із барабана. Секторні ж насадки 28, що послідовно встановлені одна за одною між гвинтовими насадками 27, рівномірно розподіляють матеріал по перерізу і по довжині барабана 9 з забезпеченням високого об'ємного коефіцієнта теплообміну і зменшенням потужності на обертання барабана. При цьому обладнання першої секторної насадки 28 додатковими нагрівними елементами "Індіго" забезпечує можливість оптимального збільшення нагрівання вологого матеріалу, що надходить з приймальної гвинтової насадки 27. Далі в сушильній камері барабана 9 повітря, аналогічно сонячному обігріву, нагрівається від конструктивних елементів камери, температура яких вище повітря і температури, яку забезпечила система попереднього підігріву повітря першої секційної насадки 28, тобто вище температури 35-40 °C. Тривалість прогріву сушильної камери до необхідної робочої температури не перевищує 100-120 хвилин. Процес сушіння здійснюють із заданням мінімальної рекомендованої температури 45 °C. Сушильний матеріал, завдяки конструктивному виконанню завантажувальної гвинтової 27 і наступних секційних насадок 28, які допомагають значно підсилити тепло- і масоперенос на поверхні матеріалу, що стикається з теплоносієм, а також, що особливо важливо, всередині завалу, оскільки секційні насадки 28 ефективно розділяють матеріал, перемішують його і цим найкраще сприяють його контакту з потоком теплоносія.

В той же час гвинтова насадка 27, розміщена на виході сушильної камери 9, забезпечує ефективне вивантаження висушеного матеріалу далі через розвантажувальну камеру 6 для подальшого фасування чи транспортування розвантажувальним, як приклад гвинтовим конвеєром 7, який може бути і скребковим в залежності від сушильного матеріалу, за місцем зберігання чи транспортуванням за призначенням. При цьому циклон 2 забирає вологу і легку летючу фракцію.

Можливість конструктивного виконання сушильної камери барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго" агрегатним комплектуванням зі знімними, встановлювальними і транспортними компонентами правостороннього (Фіг. 1) або лівостороннього (Фіг. 2) виконання надає можливість ефективно використовувати виробничі площі і найзручніше пристосовувати сушильну камеру до реальних умов експлуатації.

Пропонована сушильна камера барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго" забезпечує можливість сушіння широкого асортименту сушильного матеріалу рівномірним розподілом його по перерізу і по довжині барабана з високим об'ємним коефіцієнтом теплообміну і зменшенням потужності на процес сушіння виключним відбором і виносом вологи від матеріалу зі збереженням органіки висушеного матеріалу, при цьому сушильна камера може виконувати робочі функції як окрема одиниця, так і в складі промислових технологічних ліній сушіння.

На рисунку 1.4 представлено патент на корисну модель №7418 «Піч сушильна барабанна» [11]. В основу корисної моделі поставлена задача розробки конструкції печі, яка забезпечувала б розширення функціональних можливостей, а також ліквідацію додаткового обладнання при установці печі на лініях піскопостачання локомотивів без збільшення її вартості.

Поставлена задача вирішується за допомогою сукупності істотних ознак створеної печі, тобто тим, що в печі сушильний барабанний, що містить сушильний барабан та розвантажувальний вузол для аспірації, відповідно до корисної моделі, до торця сушильного барабану жорстко прикріплене

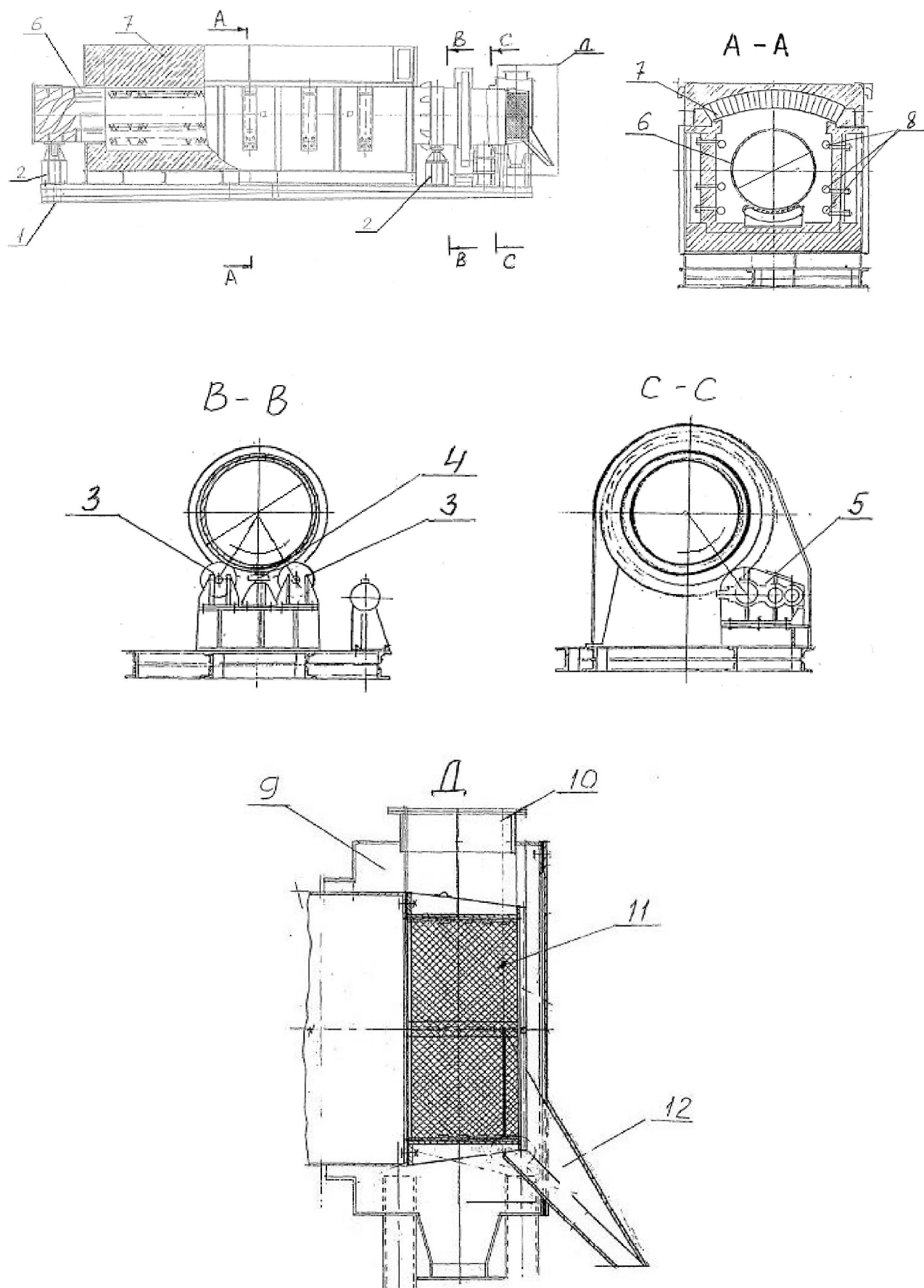


Рисунок 1.4 – «Піч сушильна барабанна» згідно патенту України на корисну модель №7418

циліндричне сито, яке розміщене в пересувному розвантажувальному вузлі, торцева кришка якого обладнана похилим розвантажувальним патрубком, а циліндричне сито прикріплене до торця сушильного барабану за допомогою фланців. При цьому діаметр циліндричного сита вибирають трохи меншим від діаметра сушильного барабану, а розвантажувальний патрубок установлений під кутом $30-60^\circ$ до осі сушильного барабану.

Піч сушильна барабанна складається з рами 1, жорстко закріплених на рамі опор 2, опорних роликів 3, які виконані з можливістю обертання упорного ролика 4, привода 5, сушильного барабану 6, нагрівальної камери 7, термopар 8, розвантажувального вузла 9, люка для аспірації 10, циліндричного сита 11 та патрубка для видачі великих фракцій піску 12.

Піч сушильна барабанна працює в такий спосіб.

Перед завантаженням сирого піску вмикають термopар 8 нагрівальної камери 7 і за допомогою привода 5 приводять в обертання сушильний барабан 6 для його рівномірного нагрівання до заданої температури. Сушильний барабан обертають за допомогою привода 5, який установлений на опорних роликах 3, що закріплені на опорах 2 рами 1. Внаслідок того, що сушильний барабан розташований під кутом, його від переміщення уздовж осі підтримує упорний ролик 4. Після розігріву печі до сушильного барабану засипають сирий пісок, який спочатку висушують, направляють через жорстко закріплене до нього кругле сито 11, після чого фракцію необхідної дрібності направляють до розвантажувального вузла 9, а потім через нижній патрубок 12 - до споживача. Пісок більшої фракції через патрубок 12 направляють на повторну переробку або до відходів виробництва.

Пилоподібну частину через люк 10 направляють для аспірації. Конструкція запропонованої печі дозволяє проводити весь комплекс робіт: від подачі сирого піску в піч та його сушіння до видачі необхідної фракції.

На рисунку 1.5 представлено барабану сушарку згідно корисної моделі України №36392 [12]. В основу корисної моделі поставлене завдання у барабанній сушарці шляхом зміни її конструкції отримати новий технічний

Рисунок 1.5 – Барабана сушарка згідно корисної моделі України №36392



Поставлене завдання вирішується наступним чином. У відомій барабанній сушарці, яка складається із горизонтального барабана, в нижній і верхній частинах якого передбачені перфоровані вставки, обігрівного перфорованого барабана, всередині якого є нерухома труба з щілинами уздовж осі, які виконані в різних площинах для продування сушильним агентом, завантажувального та розвантажувального пристроїв, подільника потоку матеріалу, привода обертання барабана, термоізолюваної камер, системи продувки камер та замкнутої системи рециркуляції сушильного агента, відповідно до винаходу, що пропонується, всередині горизонтального барабана на місце шнека до його боковин прикріплено перфоровану поверхню, що скручено по спіралі із змінним кроком, який збільшується до осі спіралі.

Складність процесу сушіння сипкого матеріалу полягає в оптимальному виборі його висоти з метою максимального використання потенціалу сушильного агента. Недостатня висота призводить до незворотних енергетичних втрат, а збільшення висоти до зволоження верхніх ярусів матеріалу, що є також негативним явищем. А наявність перфорованої поверхні у вигляді спіралі із змінним кроком, який збільшується до осі спіралі, у запропонованій барабанній сушарці дає можливість поступово зменшувати висоту ярусів висушуваного матеріалу, тим самим зменшити втрати швидкості сушильного агента до виходу із барабану сушарки та збільшити використання потенціалу сушильного агента.

Запропонована сушарка працює наступним чином.

Виконується підготовка до роботи повітрянагрівача 15, яка полягає в розпалюванні одного із видів палива в топці 18 та включення в роботу вентилятора 16, який примушує сушильний агент рециркулювати по замкнутій системі 13 через термоізолювані камери 11, вологовідділювач 14 і повітрянагрівач 15.

Після включення в роботу привода обертання барабана 10 і досягнення стабільного обертання горизонтального барабана 1 та включення в роботу розвантажувального пристрою 8 підготовлений для сушіння сипкий матеріал,

наприклад, насіння, подається в сушарку через завантажувальний пристрій 7. Об'єм завантаження матеріалу в кожен виток перфорованої поверхні 3 регулюється подільником потоку матеріалу 9, який обертається одночасно з горизонтальним барабаном 1. Опинившись в нижній частині горизонтального барабана 1, внаслідок його обертання сипкий матеріал, ковзаючи відносно витків перфорованої поверхні 3, яка прикріплена до його боковин, за один оберт піднімається на ярус вище. У цей час нова порція сипкого матеріалу знову надходить на нижній ярус.

Сушильний агент, проходячи через шари сипкого матеріалу, підсушує його. Процес сушіння сипкого матеріалу полягає в підтримці в повітронагрівачі 15 необхідної температури сушильного агента на виході із вентилятора 16 за допомогою термометра (не показано), регулюванні надходження об'ємів потоків сушильного агента в термоізововані камери 11 та в нерухому трубу 5, регулюванні об'єму витяжки відпрацьованого сушильного агента із кожної термоізовованої камери 11. Регулювання швидкості проходження матеріалу через сушарку досягається регулюванням обертів привода барабана 10.

Застосування запропонованої конструкції барабанної сушарки дозволяє збільшити площу контакту матеріалу із сушильним агентом, через який він проходить, що підвищує ефективність використання його енергетичного потенціалу, а постійне пересипання та перемішування матеріалу інтенсифікує процес сушіння.

2 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Кількість вологого матеріалу, що надходить на сушіння визначимо за формулою [13]:

$$G_N = G_{\text{сух}} \cdot \frac{100}{100 - u_1}, \quad (2.1)$$

де G_N – витрата матеріалу, що надходить на сушіння, кг/год ;

u_1 – початкова вологість матеріалу, $u_1=8\%$.

$G_{\text{сух}}$ – отримання сухого матеріалу, кг/год;

$$G_N = 90000 \cdot \frac{100}{100 - 8} = 97826 \text{ кг} / \text{год}.$$

Кількість висушуваного матеріалу визначимо за формулою:

$$G_K = G_{\text{сух}} \cdot \frac{100}{100 - u_2}, \quad (2.2)$$

де G_K – кількість висушуваного матеріалу, кг/год;

u_2 – кінцева вологість матеріалу, $u_2=0,6\%$.

$$G_K = 90000 \cdot \frac{100}{100 - 0,6} = 90543 \text{ кг} / \text{год}.$$

Кількість випаруваної води визначимо за формулою:

$$W = G_N \cdot \frac{u_1 - u_2}{100 - u_2} = 97826 \cdot \frac{8 - 0,6}{100 - 0,6} = 0,0079 \text{ кг}. \quad (2.3)$$

Параметри вологого повітря

Визначимо параметри вологого повітря x_0, l_0, l_1 , [14] при $t_0=15^\circ\text{C}$

$$x_0 = 0,622 \cdot \frac{\varphi_0 \cdot P_{нас}}{P - \varphi_0 \cdot P_{нас}}, \quad (2.4)$$

де $\varphi_0 = 75\%$ – відносна вологість повітря;

$P_{нас} = 745$ мм. рт. ст. – барометричний тиск.

$$x_0 = 0,622 \cdot \frac{0,75 \cdot 0,0167}{1 - 0,75 \cdot 0,0167} = 0,0079.$$

Визначимо Δ для барабанного сушильного барабана при $q_{доб} = 0$ і $q_m = 0$:

$$\Delta = c_B \cdot t_M^I - (q_M - q_{II}), \quad (2.5)$$

Витрату тепла на підігрів матеріалу визначаємо за формулою

$$q_M = \frac{G_2 \cdot c_M \cdot (t_M^{II} - t_M^I)}{W}, \quad (2.6)$$

де $c_M = 1640$ – питома масова теплоємність матеріалу;

t_M'', t_M' – початкова і кінцева температури матеріалу.

$$q_M = \frac{4498,77 \cdot 1,640 \cdot (70 - 16)}{0,0079} = 0,0438 \cdot 10^6 \text{ Дж / кг вологи.}$$

Втрати тепла сушаркою в навколишнє середовище приймаємо рівними 8% від корисно витраченого тепла $q_{пол}$

$$q_{пол} = I_{ВП} - c_B \cdot t_M^I + q_M, \quad (2.7)$$

де $I_{ВП} = 2608,3 \cdot 10^3$ Дж/кг - ентальпія пари при $t_2 = 60^\circ\text{C}$ [13, 14].

Тоді:

$$q_{пол} = 0,08 \cdot (2608,3 \cdot 10^3 - 4190 \cdot 16 + 0,0438 \cdot 10^6) = 2,07 \cdot 10^5 \text{ Дж / кг волог.} =$$

$$\Delta = 4190 \cdot 16 - (0,0438 \cdot 10^6 + 2,07 \cdot 10^5) = -0,018376 \cdot 10^6 \text{ Дж / кг волог.}$$

Витрата сухого повітря L дорівнює:

$$L = \frac{W}{x_2 - x_0}, \quad (2.8)$$

$$L = \frac{210}{0,0925 - 0,079} = 15555 \text{ кг / год},$$

Питома витрата повітря:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0} = \frac{1}{0,0925 - 0,079} = 74,$$

Кількість підведеного тепла

$$Q = L \cdot (I_1 - I_0) = 1,5555 \cdot (18,4 \cdot 10^4 - 4,9 \cdot 10^4) = 21 \cdot 10^8 \text{ Дж / кг.} \quad (2.9)$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок барабану

Для визначення діаметра барабана необхідно обчислити секундну витрату повітря при виході із сушильного барабана. Для цього питомий об'єм вологого повітря, у якому міститься 1 кг сухого повітря і 1 кг водяної пари, на виході з барабана за температури 60 °С визначимо за формулою [13]:

$$\nu = \frac{288 \cdot T_2}{P - \phi_2 \cdot \rho_{H_2}} = \frac{288 \cdot (60 + 273)}{745 \cdot 133,3 - 0,643 \cdot 0,2031 \cdot 9,8 \cdot 10^4} = 1,01 \text{ м}^3 / \text{кг}, \quad (3.1)$$

Тоді об'єм барабана дорівнює:

$$V = \frac{\nu \cdot L}{3600} = \frac{1,01 \cdot 15555}{3600} = 4,36 \text{ м}^3 \quad (3.2)$$

Діаметр барабана [14]:

$$D_6 = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega \cdot (1 - \beta)}} = \sqrt{\frac{4,34}{0,785 \cdot 1,26 \cdot (1 - 0,15)}} = 2,27 \text{ м} \quad (3.3)$$

де $\omega = 1,26$ м/с – швидкість повітря при виході з сушильного барабана;
 $\beta = 0,15\%$ – коефіцієнт заповнення барабана. Приймаємо $D_6 = 2,3$ м

Довжина барабана:

$$V_6 = \frac{W}{A} = \frac{210}{8} = 26,25 \text{ м}^3, \quad (3.4)$$

де $A = 8$ кг/(м^3 год) – напруження барабана по волозі.

$$L = \frac{26,25}{0,785 \cdot 2,3^2} = 9,3 \text{ м}$$

Прийmemo $L=10\text{м}$.

Час перебування матеріалу в сушарці:

$$\tau = \frac{V_{\delta} \cdot \rho_H \cdot \beta}{G_{cp}}, \quad (3.5)$$

де $\rho_H = 1990 \text{ кг/м}^3$ – насипна маса матеріалу;

$\sigma = 0,053$ [14];

G_{cp} – середня маса матеріалу, що проходить через барабан:

$$G_{cp} = \frac{G_N + G_{cux}}{2 \cdot 3600} = \frac{97826 + 90543}{2 \cdot 3600} = 0,75 \text{ кг / с} \quad (3.6)$$

$$\tau = \frac{26,25 \cdot 1990 \cdot 0,15}{0,7536} = 10400 \text{ с},$$

Визначення необхідної частоти обертання барабана:

$$n = \frac{L}{a \cdot \tau \cdot D \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (3.7)$$

де α – кут нахилу барабана до горизонталі, $\alpha = 3^\circ$ ($\operatorname{tg} \alpha = 0,052$);

a – коефіцієнт, що залежить від типу насадки і діаметра барабана (перевалочного пристрою), для підйомно-лопатевої $a = 1,2$.

$$n = \frac{7}{1,2 \cdot 10400 \cdot 2,3 \cdot 0,052} = 0,00469 \text{ с}^{-1} = 0,2814 \text{ хв}^{-1},$$

Прийmemo $n = 3,18 \text{хв}^{-1} = 0,053 \text{с}^{-1}$.

Визначення потужності:

$$N = 0.078 \cdot D_{\phi}^3 \cdot L_{\phi} \cdot \rho \cdot \sigma \cdot n = 0,078 \cdot 2,3^3 \cdot 10 \cdot 1990 \cdot 0,053 \cdot 0,053 \approx 16,15 \text{кВт}.$$

3.2 Вибір і перевірка електродвигуна

Обертальний момент на робочому валу редуктора [15]:

$$P_{\text{ЕД}}^{\text{TP}} = \frac{P_{\text{PB}}}{\eta_0}, \quad (3.1)$$

де $P_{\text{PB}} = T_{\text{PB}} \cdot \omega_{\text{PB}}, \text{Вт}$ – потужність на робочому валу;

$\eta_0 = \eta_M \cdot \eta_{\text{ЗК}} \cdot \eta_{\text{ЦИ0}}$ – загальний коефіцієнт корисної дії приводу;

ω_{PB} – кутова швидкість робочого вала:

$$\omega_{\text{PB}} = \pi \cdot n / 30 = 3,14 \cdot 3,18 / 30 = 0,333 \text{с}^{-1}, \quad (3.2)$$

T_{PB} – обертальний момент на робочому валу:

$$T_{\text{PB}} = N / \omega_{\text{PB}} = 16150 / 0,333 = 18498,11 \text{Н} \cdot \text{м}. \quad (3.3)$$

$\eta_M = 1$ – ККД, пружної компенсуючої муфти між електродвигуном і редуктором [16].

$\eta_{\text{ЗК}} = 0,97$ – ККД. закритої конічної передачі редуктора з урахуванням втрат в опорах і підшипниках [16];

$\eta_{\text{ЦИ0}} = 0,95$ – ККД, відкритої циліндричної передачі [16];

тоді:

$$P_{ED}^{TP} = \frac{16150}{1 \cdot 0,97 \cdot 0,95} = 17525 \text{ Вт}.$$

Необхідна частота обертання електродвигуна:

Необхідна частота обертання знаходиться з такого діапазону частот обертання:

$$D_{n_{ED}} = n \cdot Du_y \quad (3.4)$$

де $n = 3,18 \text{ хв}^{-1}$ – частота обертання барабана;

$Du = Du_{зк} \cdot Du_{зцо}$ – діапазон можливих передавальних чисел приводу,

тут:

$Du_{зк} = 2 \div 4$ – діапазон можливих передавальних чисел конічної передачі редуктора [17];

$Du_{зцо} = 3 \div 7$ – діапазон можливих передавальних чисел відкритої циліндричної передачі [17].

$$Du = (2 \div 4) \cdot (3 \div 7) = 6 \div 28;$$

Звідси:

$$Dn_{ED} = 4,1 \cdot (6 \div 28) = 24,6 \div 114,8 \text{ хв}^{-1}.$$

Виходячи з отриманих вище даних, обираємо трифазний електродвигун змінного струму загального застосування єдиної серії 4А за ГОСТ 19523-81 (серія АІР за ТУТ6-526.621-85) [18] з технічними характеристиками, що наведені в таблиці 1.

Визначення загального передавального числа і розбивка його між ступеннями Загальне передавальне число приводу:

$$U_{\Sigma} = \frac{n_{ED}}{n_{PB}} = \frac{975}{3,18} = 306,6.$$

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики обраного електродвигуна

Тип двигуна	Виконання	Число пар полюсів	Потужність, $P_{ед}$, кВт	Точна частота Обертання $n_{ед}$, $хв^{-1}$	$T_{max}/T_{ном}$	Діаметр вала d , мм
АИР 180 М6	IM108 1	6	18,5	975	2	55

3.3 Вибір редуктора

Вибераємо за ДСТУГОСТ 13563-68 редуктор циліндричний триступінчастий горизонтальний типу 1ЦЗУ-355М-31,5-12У1 [19].

Здійснюємо розбивку загального передавального числа за ступеннями. Передавальне число редуктора дорівнює:

$$U_{зц} = \frac{U_{\Sigma}}{U_{оц}}, \quad (3.5)$$

Прийmemo $U_{зц} = 60$ [15]. Тоді передавальне число відкритої циліндричної передачі дорівнює:

$$U_{оц} = \frac{306}{60} = 5,1 \approx 5$$

Надалі для простоти розрахунку позначимо кожен вал приводу і барабан індексами (уточнивши деякі величини):

I – вал електродвигуна;

II – вхідний вал редуктора;

III – вихідний вал редуктора;

IV – барабан.

Визначення частот обертання валів і барабана приводу:

$$n_I = n_{II} = n_{EД} = 975 \text{ об}^{-1},$$

$$n_{III} = \frac{n_{II}}{u_{3K}} = \frac{975}{60} = 16,25 \text{ об}^{-1},$$

$$n_{IV} = \frac{n_{III}}{u_{3Ц}} = \frac{16,25}{5,1} = 3,18 \text{ об}^{-1}.$$

Визначення кутових швидкостей валів приводу:

$$\omega_I = \omega_{II} = \frac{\pi \cdot n_I}{30} = \frac{3,14 \cdot 975}{30} = 102,05 \text{ рад} / \text{с},$$

$$\omega_{III} = \frac{3,14 \cdot 16,25}{30} = 16,98 \text{ рад} / \text{с},$$

$$\omega_{IV} = \frac{\pi \cdot n_{IV}}{30} = \frac{3,14 \cdot 3,18}{30} = 0,3328 \text{ рад} / \text{с}.$$

Визначення потужностей на валах приводу:

$$P_I = P_{II} = P_{EД}^{TP} = 18500 \text{ Вт},$$

$$P_{III} = P_{II} \cdot \eta_{3K} = 18500 \cdot 0,97 = 17945 \text{ Вт},$$

$$P_{IV} = P_{III} \cdot \eta_{3Ц} = 17945 \cdot 0,95 = 17047 \text{ Вт}.$$

Визначення обертальних моментів на валах приводу:

$$T_I = T_{II} = \frac{P_I}{\omega_I} = \frac{18500}{102,05} = 181,3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_{III} = \frac{P_{III}}{\omega_{III}} = \frac{17945}{15,28} = 10550 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_{IV} = \frac{P_{IV}}{\omega_{IV}} = \frac{17047}{0,3328} = 51223 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Таблиця 3.2 – Результати кінематичного розрахунку приводу

Вали	Величини			
	Частота обертання n_i , Об/хв	Кутова швидкість ω_i , рад/с	Потужність P_i , Вт	Обертальний момент T_i , Н·м
I	975	102,05	18500	181,3
II	975	102,05	18500	181,3
III	16,25	15,28	17945	10550
IV	3,18	0,3328	17907	51223

Велике прокатне кільце, закріплене на барабані, служить для приведення його в обертання. Передача обертального моменту від мотора через редуктор до барабана здійснюється фрикційною парою. Обертання передається від приводного ролика, що сидить на вихідному валу редуктора, до прокатного кільця, змонтованого на барабані.

Приводний ролик, що сидить на валу редуктора, разом із мотором утворює приводну станцію.

Розрахувати циліндричну фрикційну передачу для приводу за умови, що приводний ролик передає потужність $P=18$ кВт при кутовій швидкості $\omega_I=1,7$ рад/с барабану, який обертається з кутовою швидкістю $\omega_2=0,33$ рад/с.

Знайдемо передавальне відношення за формулою:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{15.28}{0.33} = 12.$$

Визначимо діаметр d_1 меншого колеса з умови контактної міцності. Коефіцієнт запасу зчеплення коліс $\beta=1,25$; коефіцієнт тертя за довжиною контактної лінії $f=0,3$; коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження за довжиною контактного майданчика $k=1,1$; коефіцієнт довжини контактного майданчика $\psi=0,3$; контактна напруга стиснення, яка допускається, для текстолітового колеса $[\sigma_H]=100$ МПа, модуль пружності для меншого колеса (текстоліт) $E_1=6 \cdot 10^3$ МПа, для більшого колеса (сталь) $E=2,15 \cdot 10^5$ МПа.

Тепер знайдемо приведений модуль пружності:

$$E = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot 2,15 \cdot 10^5}{6 \cdot 10^3 + 2,15 \cdot 10^5} = 1,17 \cdot 10^4 \text{ МПа}.$$

Після підстановки в праву частину формули числових значень отримаємо діаметр приводного ролика:

$$d_1 = 0,9 \sqrt{\frac{i+1}{i} \cdot \frac{\beta k E T_3}{f \psi [Q_H]^2}} = 0,9 \sqrt{\frac{12+1}{12} \cdot \frac{1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,17 \cdot 10^4 \cdot 10550}{0,3 \cdot 0,3 \cdot 100^2}} = 230 \text{ мм}.$$

Діаметр великого прокатного кільця, укріпленого на барабані дорівнює:

$$d_2 = i \cdot d_1 = 230 \cdot 12 = 2760 \text{ мм}.$$

Ширина коліс знаходиться за формулою:

$$b = \psi \cdot d_1 = 0,4 \cdot 230 = 92 \text{ мм}.$$

3.4 Розрахунок елементів конструкції на міцність

Розрахунок зводиться до перевірки корпусу барабана, а також основних її вузлів і деталей під дією різних навантажень.

Під час розрахунку сушильного барабана необхідно визначити товщину стінки і прогин барабана. Барабан розглянемо як балку, що вільно лежить на двох опорах (рисунок 3.1). Барабана, насадки, бандажів, завантажувального матеріалу та ізоляції є рівномірно розподіленим навантаженням по довжині барабана, а вагу вінцевої шестерні прийемо як зосереджену силу.

Визначення згинального моменту від рівномірно розподіленого навантаження

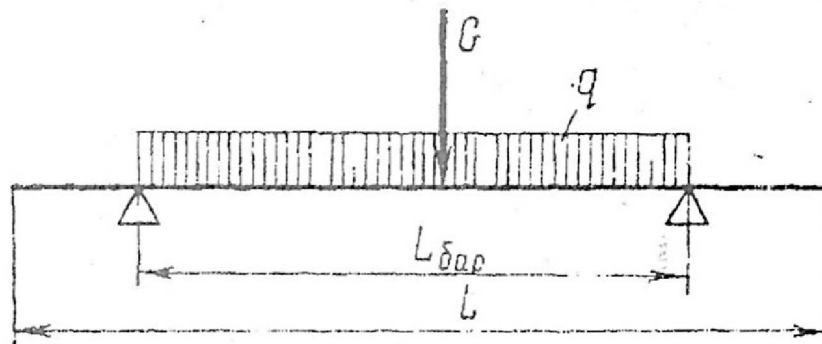


Рисунок 3.1 – Схема механічного навантаження на барабан

Товщина стінки барабана [16, 18]

$$S_{\sigma} = (0,007 \div 0,01) \cdot D_n = (0,007 \div 0,01) \cdot 2300 = 16,1 \div 23; \quad (3.6)$$

Прийmemo $S_{\sigma} = 16 \text{ мм}$

Згинальний момент від рівномірно розподіленого навантаження [19]

$$M_1 = q \cdot L_{\text{бар}} / 8, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.7)$$

де q – навантаження, що припадає на одиницю довжини між бандажами, МПа:

$$q = G / L, H; \quad (3.8)$$

$L_{\text{бар}}$ – відстань між бандажами, м (для барабана довжиною 7000мм, $L_{\text{бар}}$ приймаємо рівною 4,2 м).

Для того, щоб визначити q знайдемо сумарне навантаження (Н):

$$G = G_{\text{бар}} + G_{\text{мат}}, H \quad (3.9)$$

де $G_{\text{бар}}$ – сила тяжіння барабана, Н:

$$G_{\text{бар}} = \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot D_{\text{вн}}^2}{4} \right) \cdot L \cdot \rho + 2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S \cdot \rho \right), \quad (3.10)$$

$$G_{\text{бар}} = \left(\frac{3,14 \cdot 2,3^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 2,268^2}{4} \right) \cdot 7 \cdot 7700 + 2 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 2,3^2}{4} \cdot 0,016 \cdot 7700 \right) = 8000 \text{ кг}$$

$$G_{\text{бар}} = 8000 \cdot 9,81 = 78480 \text{ Н}.$$

$G_{\text{мат}} = 0,785 \cdot D_{\text{вн}} \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{мат}} \cdot L$ – вага вологого матеріалу, Н;

$\gamma_{\text{мат}} = \rho \cdot 9,81$ – питома вага висушеного матеріалу, Н/м³.

$$\gamma_{\text{мат}} = 1990 \cdot 9,81 = 18639 \text{ Н} / \text{м}^2.$$

Тоді:

$$G_{\text{мат}} = 0,785 \cdot 2,268 \cdot 0,15 \cdot 18639 \cdot 7 = 34844 \text{ Н},$$

Отже,

$$G = 78480 + 34843 = 113324 \text{ Н}.$$

Визначимо M_1 ,

$$M_1 = \frac{113324}{7} \cdot 4,2^2 / 8 = 35697 H \cdot m,$$

Визначення згинального моменту від зосередженого навантаження вінцевої шестерні.

Силу тяжіння насадки, накладок і кілець жорсткості визначають із таких співвідношень: за зовнішнього діаметра барабана $D = 2,3$ вагу 1,м лопатевої насадки приймаємо $G_{нас} = 1960$ Н, і вагу вінцевої шестерні за такого самого діаметру $G_{вин} = 8860$, Н [17].

Згинальний момент від зосередженого навантаження вінцевої шестерні:

$$M_2 = G_{вин} \cdot L_{бар} / 4 = 8860 \cdot 4,2 / 4 = 9303 H \cdot m, \quad (3.11)$$

Визначення сумарного згинального моменту

$$M_{вз} = M_1 + M_2 = 35697 + 9303 = 45000 H \cdot m, \quad (3.12)$$

Визначення крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{N}{D \cdot \pi \cdot n} = \frac{16,15}{2,3 \cdot 3,14 \cdot 0,053} = 42,19 H \cdot m,$$

Визначення розрахункового (приведеного) моменту:

$$M_{розр} = 0,35 \cdot M_{вз} + 0,65 \cdot \sqrt{M_{вз}^2 + M_{кр}^2};$$

$$M_{розр} = 0,35 \cdot 45000 + 0,65 \cdot \sqrt{45000^2 + 42,19^2} = 45000 H \cdot m,$$

Визначення напруження в стінці барабана

Напруження в стінці барабана має бути меншою за допустиму:

$$\sigma_{max} = M_{розр} / W \leq \sigma_{доп}, \text{МПа},$$

де $W = 0,785 \cdot D_{бар}^2 \cdot \delta_{бар}$ – момент опору перерізу кільцевої стінки барабана, м^3 ;

$$D_{бар} = D - 0,5 \cdot \delta_{бар}, \text{м}.$$

Тоді

$$W = 0,785 \cdot (2,3 - 0,5 \cdot 0,016)^2 \cdot 0,016 = 0,05 \text{ м}^3$$

Наження

$$\sigma_{max} = M_{розр} / W = 45000 / 0,066 = 90 \text{ МПа},$$

Допустиме напруження приймаємо за ДСТУГОСТ 14249-73 ($[\sigma] = 131 \text{ МПа}$). Отже, $\sigma_{max} < [\sigma]$ тобто умова міцності барабана на згин виконується.

Перевірку барабана на допустимий прогин, проводимо так: для нормальної роботи барабана допускається прогин на 1 м, довжини не більше 1/3 мм, тобто.

$$f \leq 0,0003 \cdot L_{бар},$$

де $f = f_1 + f_2$ – загальний прогин, м;

$f_1 = 5 \cdot q \cdot L_{бар}^4 / (384 \cdot E \cdot J)$ – прогин під дією рівномірно розподіленої сили q , м;

$E = 1,86 \cdot 10^5$ – модуль поздовжньої пружності матеріалу, МПа;

$J = \frac{\pi \cdot D_{\text{бар}}^3}{8} \cdot \delta_{\text{бар}}$ – осьовий момент інерції для поперечного перерізу барабана;

$f_2 = G_{\text{вин}} \cdot L_{\text{бар}}^3 / (48 \cdot E \cdot J)$ – прогин під дією сили ваги вінцевої шестерні.

Тоді:

$$f_1 = 5 \cdot 16189 \cdot 4,2^4 / \left(384 \cdot 1,86 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot (2,3 - 0,016)^3}{8} \cdot 0,016 \right) = 8,3 \cdot 10^{-6} \text{ м},$$

$$f_2 = 8860 \cdot 4,2^3 / \left(48 \cdot 1,86 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot (2,3 - 0,016)^3}{8} \cdot 0,016 \right) = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м},$$

Отримуємо,

$$f = 8,3 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-6} = 9,3 \cdot 10^{-6} \leq 0,0003 \cdot 4,2 = 1260 \cdot 10^{-6}$$

Умова виконується.

Розрахунок бандажів

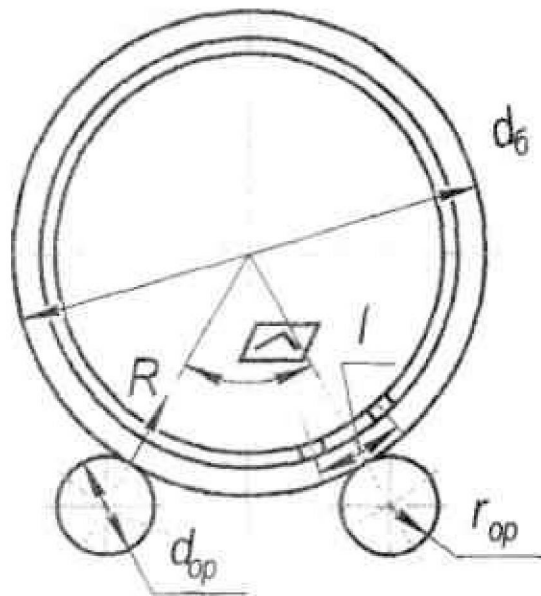


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема бандажів

Визначаємо реакції опорного ролика:

$$R = \frac{P}{2 \cdot \cos \frac{\psi}{2}}, \quad (3.13)$$

де $P = \frac{G_{\text{ваго}}}{z} \cdot \cos \alpha$ - навантаження на один бандаж;

ψ – кут між опорними роликами ($\psi = 60^\circ$);

z – кількість бандажів ($z = 2$);

α – кут нахилу барабана до горизонталі, $\alpha = 3^\circ$ ($\cos 3^\circ = 0,998$);

$G_{\text{ваго}} = G_{\text{бар}} + G_{\text{мат}} + 2 \cdot G_{\text{бан}}$ – вага всього барабана;

$G_{\text{бан}} = 11200H$ – вага бандажу:

$$G_{\text{ваго}} = 78480 + 34843 + 2 \cdot 11200 = 132083H.$$

Тоді:

$$P = \frac{132083}{2} \cdot 0,998 = 65909H,$$

$$R = \frac{65909}{2 \cdot 0,866} = 37195H.$$

Визначення відстані між двома сусідніми опорами [16]:

$$l = \frac{\pi \cdot D}{m}, \text{ м} \quad (3.14)$$

де m – число опор для даного діаметра барабана (приймаємо $m = 12$).

$$l = \frac{3,14 \cdot 2,3}{12} = 0,601\text{ м};$$

Визначення максимального згинального моменту в місці контакту опорного ролика і бандажа.

Визначимо за формулою [15]:

$$M_{max} = \frac{R \cdot l}{4} = \frac{37195 \cdot 0.314}{4} = 5596 H \cdot m.$$

За каталогом вибираємо бандаж прямокутного перерізу з розмірами:

$$b_{\delta} = 0,155 m; h_{\delta} = 0,135 m.$$

Визначення моменту опору перерізу бандажа:

$$W = \frac{b_{\delta} \cdot h_{\delta}^2}{6} = \frac{0,155 \cdot 0,135^2}{6} = 4,708 \cdot 10^{-4} m^3; \quad (3.15)$$

Визначення напруження, що виникає в бандажі:

$$\sigma_{32} = M_{max} / W = \frac{5596}{4,708 \cdot 10^{-4}} = 1188 \cdot 10^4 Pa. \quad (3.16)$$

Зовнішній діаметр бандажа приймаємо виходячи з міркувань, що

$$d_{\delta} = D + 2 \cdot h_{\delta}, \quad (3.17)$$

$$d_{\delta} = 2,3 + 2 \cdot 0,135 = 2,57 m.$$

Приймаємо $d_{\delta} = 2,6 m$.

Визначення діаметра опорного ролика використовуючи таке співвідношення:

$$d_{op} = 0,25 \cdot d_{\bar{o}} = 0,25 \cdot 2,6 = 0,65 \text{ м.} \quad (3.18)$$

Приймаємо $d_{op}=0,65$ м.

Перевірка умови контактної міцності в місці торкання ролика і бандажа

$$\sigma_c = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{R}{b_{\bar{o}}} \cdot E \cdot \frac{d_{op} + d_{\bar{o}}}{d_{op} \cdot d_{\bar{o}}}} = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{37195}{0,155} \cdot 1,75 \cdot \frac{(0,65 + 2,6)}{0,65 \cdot 2,6}} = 118,8 \text{ МПа.} \quad (3.19)$$

Для бандажа виготовленого з чавуну $\sigma_c > 350$ МПа, отже умова контактної міцності дотримується.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Досліджуваним об'єктом є механічна дільниця виконання установки для розтарування мішків із сипким матеріалом.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть впливати на працівників, діляться на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться:

- запиленість;
- механізми, що рухаються; частини виробничого обладнання, що рухаються; вироби та заготовки, що переміщуються;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищений рівень шуму на робочому місці (через механізми, що рухаються);
- підвищена вологість повітря (випробування на герметичність та охолодження прохолодною водою);
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищена напруга магнітного поля;

Біологічні шкідливі та небезпечні фактори відсутні.

До хімічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться:

- по характеру впливу на організм людини - канцерогенні;
- по шляху проникнення в організм людини - через органи дихання.

До психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться:

- фізичні перевантаження (статичні фізичні перевантаження);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Вимоги до виробничих та допоміжних приміщень. Будівлі повинні відповідати вимогам [19]:

- площа виробничого приміщення на одного працюючого - $4,5 \text{ м}^2$;
- об'єм виробничого приміщення на одного працюючого - 15 м^3 ;
- висота цеху - 3,5м.

Ремонтні майстерні, інструментальні кладові, службові приміщення повинні розташовуватись в добудованих до основної будівлі.

Висота допоміжних приміщень, розташованих в виробничих будівлях, повинна бути не менше 2,4 м.

Основними вимогами охорони праці, які висуваються в проектуванні машин та механізмів, є безпека для людини, надійність та зручність експлуатації.

Об'єм приміщення на одного працюючого повинен бути не менше 15 м^3 , а площа - не менше $4,5 \text{ м}^2$, виключаючи площу, яка зайнята обладнанням та проходами.

Підлога в приміщенні повинна виконуватись з негорючих матеріалів та задовольняти гігієнічним, технологічним і експлуатаційним вимогам кожного конкретного виробництва у відповідності з вимогами санітарних норм та правил.

4.1.2 Електробезпека

Однією із важливих умов безпеки обладнання є електробезпека - система організаційних та технічних засобів, які забезпечують захист людини від електричного струму. Приміщення відноситься до вологих, в яких пари вологи виділяються короткочасно в невеликій кількості і відносна вологість повітря перевищує 75%. Для подолання небезпеки ураження людини електричним струмом використовують занулення.

В якості захисного засобу на ділянці використовується занулення для трьохфазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю. Занулення в

електроустановках не знаходиться під напругою до 1000 В – спеціальне заземлення частин, які нормально не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трьохфазного струму.

Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим проводами з метою утворення більшого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і відключення установки від мережі.

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання на ділянці.

Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику між корпусом обладнання і землею. При замиканні будь-якої фази на струмопровідний корпус через провідник заземлення фаза замикається на землю. Це є однофазне коротке замикання, від струму якого спрацює захисне обладнання, яке відключає дану установку від електромережі.

На ділянці виконане природне заземлення – всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

Крім того, на ділянці використовують різні електрозахистні засоби: діелектричні рукавиці, гумові килими, ізолюючі підставки, показники напруги. В різних місцях встановлені різні попереджувальні плакати: дозволяючи, остерігаючи та нагадуючи.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат.

Показники, які характеризують мікроклімат:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

Оптимальні показники мікроклімату поширюються на всю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційовано для постійних та

непостійних робочих місць. Допустимі величини показників мікроклімату встановлюються у випадках, коли по технологічним вимогам, технічним та економічним причинам не забезпечуються оптимальні норми.

З огляду на умови роботи в механічному цеху, приймаємо категорію робіт середньої тяжкості Пб. Відповідно до цього, вимоги до показників мікроклімату вказані у таблиці 4.1 [20].

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період	Температура, С°			Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	Оптимальна	Допустима на постійних робочих місцях		Оптимальна	Допустима на постійних і непостійн	Оптимальна, не більше	Допустима на постійних і непостійних робочих місцях, не більше
		Верхня	Нижня				
Холодний	17-19	21	15	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	20-22	27	16	40-60	70 при 25С°	0,3	0,2-0,5

4.2.2 Виробниче освітлення.

В залежності від зорової роботи в приміщенні, де знаходиться досліджуємий об'єкт, можна віднести до І групи приміщень - це приміщення, в яких проводиться розрізнення об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих на робочу поверхню.

Площа, в якій нормується освітленість - Г (горизонтальна),

- розряд зорових робіт - IVa (для зварювальних робіт, середньої точності зорових робіт та найменшого розміру об'єкту розрізнення – від 0,5 до 1);

- освітленість, лк:

комбінована (загальна + місцева) - 750; загальна - 300;

- показник осліплення - не більше 40%;

- коефіцієнт пульсації - не більше 20%.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення для III поясу світлового клімату.

Робоча поверхня знаходиться на відстані 1,5 м від підлоги.

Норми освітлення для цеху по відновленню деталей містяться у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Норми освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Характеристика фону	Контраст об'єкту з фоном	Освітленість КПО, e_H^{IV} , %		
						Штучне освітлення		Природне
						Комбіноване	Загальне	Бокове освітлення
Середньої точності	Більше 0,5 до 1	IV	a	Темний	Малий	750	300	1,2

Для освітлення цеху слід застосувати газорозрядні лампи. Для місцевого освітлення повинні застосовуватись світильники.

4.3 Виробничий шум та вібрації

Шум є хаотичним сполученням звуків різної частоти і інтенсивності.

По характеру спектру шум відноситься до широкополосного постійного. Дія шуму на людину: загально біологічні роздратування, патологічні зміни, функціональні розлади, механічні ушкодження. При довгій дії інтенсивного шуму можуть відбутися патологічні зміни слухового органу.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в таблиці 4.3 [21].

Таблиця 3 – Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних полосах із середнього метричним й									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	

На підприємстві і засоби боротьби з шумом відбуваються таким чином: захист від робочих досягати за рахунок розробки шумобезпечної техніки, місця використання засобів і методів колективного захисту і індивідуального захисту, будівельно акустичними методами .

Основні засоби колективного захисту зниження шуму в джерелі його, виникнення і на шляху його розповсюдження.

В нашому випадку категорія вібрації по санітарним нормам і критеріям оцінки: 3 тип "а" – межа зниження продуктивності праці (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Норми одночислових показників вібраційного навантаження

Вид вібрацій	Категорія вібрацій по санітарним нормам	Напрямок дії вібрації	Нормативні коректовані по частоті і еквівалентні коректовані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкості	
			$m \cdot c^{-2}$	дБ	$m \cdot c^{-2} \times 10^{-2}$	дБ
Загальна	3 тип "а"	ZoXoYo	0,1	100	0,2	95
Локальна	—	ZoXoYo	2,0	126	2,0	112

Основні засоби колективного захисту від вібрації зниження вібрації дією на джерело збудження, вібродемпфування, віброізоляція та ін.

Засоби індивідуального захисту: нагрудники, пояси та ін. При побудові приміщення потрібно використовувати вібропоглинаючі покриття.

4.4 Технічні рішення з пожежної безпеки

Цех відноситься до приміщення категорії Г по вибухо - та поже-

жонебезпеці (цех по відновленню наплавленням на напилюванням) [22 - 25].

По ступеню вогнестійкості будівля відноситься до Ша - будівлі з переважно каркасною конструктивною схемою. Елементи каркасу - із сталевих незахищених конструкцій. Огороджуючі конструкції - із сталей не профільованих листів або із негорючих листових матеріалів з важкогорючими утеплювачами.

Межі вогнестійкості конструкції об'єкту повинні бути такими, щоб конструкції зберігали несучі і огорожуючі функції протягом евакуації людей або перебування їх в місцях колективного захисту. При цьому межі вогнестійкості повинні встановлюватись без врахування впливу засобів гасіння пожежі, але з врахуванням пожеже – вибухонебезпеки виробничих процесів. Основні вимоги показані регламентуються.

У приміщенні висота від підлоги до низа виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 м, висота від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного проходу людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м, а в місцях нерегулярного проходу людей - не менше 1,8 м. Відстані до еваковиходів для категорії приміщення Г і III ступеню вогнестійкості не обмежуються щільністю людського потоку в загальному проході. Кількість людей на 1 м ширини евакуаційного виходу 260 .

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, які знаходяться в приміщенні будівлі через еваковиходи. Кількість еваковиходів із будівлі потрібно приймати не менше двох.

Ширина шляхів евакуації в світлі повинна бути не менше 1 м, а дверей – не менше 0,8м. Приймаємо для даного приміщення 2 пожежних щити, їх фарбують в білий колір із червоною смужкою по периметру. Всі засоби пожежогасіння фарбують в червоний колір. На кожному щиті повинен бути набір протипожежного інвентарю і первинних засобів пожежегасіння.

ВИСНОВКИ

Теоретичне дослідження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи підтвердило актуальність теми роботи та всебічний розвиток на вітчизняному та міжнародному ринках. Велика кількість наукових статей, патентів та достатньо великий ринок конкурентоспроможної вітчизняної продукції підтвердило необхідність створення сушильного обладнання для різних галузей виробництва. За результатами теоретичного дослідження можна виділити, що найбільш перспективними є два напрями удосконалення сушильних установок, – напрям підвищення ефективності теплових процесів та напрям підвищення енергоефективності шляхом підвищення коефіцієнта корисної дії механічного приводу. Також, на нашу думку, потрібно створювати сушильне обладнання, яке буде швидко переходити від одного оброблювального матеріалу до іншого – з метою забезпечення гнучкості виробничого процесу.

В аналогічному обладнанні для виготовлення барабану використовують листовий матеріал сталь 20, що обмежує температуру газу (теплоносія) $600 \div 700^{\circ}\text{C}$, адже за більших температур швидко прогоряє стінка барабана. А це негативно впливає на ефективність, тому що чим більша температура теплоносія, тим більша ефективність осушування. З метою підвищення енергоефективності процесу осушування в розробленій конструкції використано більш теплостійкі сталі, зокрема листову сталь 20 барабану замінено на сталь 09Г2С, що не вплинуло на вартість виробу, але дозволить працювати за більших температур.

В пояснювальній записці представлено результати теоретичного дослідження, тепловий та конструкторський розрахунок основних елементів конструкції.

Для забезпечення безпечної експлуатації розробленого сушильного барабану для неорганічних матеріалів запропоновані відповідні заходи з охорони праці у відповідності до діючих нормативних документів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Будівельна техніка : підручник / за ред. В. О. Онищенко та С. Л. Литвиненка. – 2-ге вид., перероб. і доп. Гриф МОН. Київ : КондорВидавництво, 2017. – 424 с.
2. Лівінський О. М. Будівельні машини та обладнання: підручник / О. М. Лівінський, О. М. Пшінько, М. В. Савицький та ін. – Київ : Українська академія наук; «МП Леся», 2015. – 612
3. Хмара Л.А., Кравець С.В., Нікітін В.Г. та ін. Машини та обладнання промисловості виробництва будівельних матеріалів, виробів і конструкцій. Атлас конструкцій. – Рівне, 2015.
4. Назаренко І.І., Туманська О.В. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів. – Київ «Вища школа», 2004.
5. Машини і обладнання промисловості виробництва будівельних матеріалів, виробів і конструкцій. Атлас конструкцій / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, В. Г. Нікітін [та ін.]; за заг. ред. Л. А. Хмари. – Київ; Дніпропетровськ: НТУ, 2015. – 324 с.
6. Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів. Київ, КНУБА, 1999. – 485с.
7. Сівко В. Й. Обладнання підприємств промисловості будівельних матеріалів і виробів: підручник / В. Й. Сівко, В. А. Поляченко. – Київ : ТОВ «АВЕГА», 2004. – 280 с.
8. Панченко В. О. Технологія і механізація будівельних процесів : навч. посібник / В. О. Панченко, М. Г. Костюк, А. О. Качура ; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 242 с.
9. Будівельні машини і обладнання. Практикум: навч. посібник / М.К. Сукач, С.Ю. Комоцька, М.М. Балака. – К.: КНУБА, 2016. – 120 с.
10. Пат. №83222 Україна, МПК F26B11/00, F27B7/00 Сушильна камера барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго" /

- Волошинюк І. М. заявник і власник – Волошинюк І.М. заявл. 01.04.2013; опуб. 27.08.2013, Бюл. №16.
11. Пат. №7418 Україна, МПК F27D7/00 Піч сушильна барабанна / Царицин Є.О. заявник і власник –ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "МАРІУПОЛЬСЬКИЙ МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ ІМ.ІЛЛІЧА"; ; заявл. 13.12.2004; опуб. 15.06.2005, Бюл. №6.
12. Пат. №36392 Україна, МПК F26B17/00 Барабана сушарка / Кокалюк Л.Ю., Дударєв І.М., Кірчук Р.В. заявник і власник – Луцький державний технічний університет; заявл. 12.05.2008; опуб. 27.10.2008, Бюл. №20
13. Обертюх Р. Р., Слабкий А. В. Теоретичні основи теплотехніки Електронний навчальний посібник 2-ге вид., перероб. та доп. Вінниця: ВНТУ, 2020. 180 с.
14. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Долінський, Лазоренко В.О., Міщенко А.В., Шеліманова О.В. (за ред. Драганова Б.Х.). Теплотехніка: Підручник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Київ: Фірма “ІНК ОС”. – 2005. – 400 с
15. Стадник В.А. Деталі машин. Електронне навчальне видання – К.: – НТУУ КПІ, 2012. – 650 с.
16. Павленко В. С. Зубчасті передачі в машинобудуванні : навчальний посібник/ В. С. Павленко, Б. Ф. Ліщинський, В. О. Пішенін. – К. : НМК ВО, 1992. – 114 с.
17. Мархель І. І. Деталі машин : навчальний посібник / І. І. Мархель – К. : Алерта, 2017. – 368 с.
18. Деталі машин. Навчальний посібник. В. Павлов, Г. Борозенець, І. Семак. – К. :Кондор, 2021. – 220 с.
19. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлище – Львів : Афіша, 2004. – 578 с.
20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.
21. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.

22. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
23. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
24. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
25. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. URL: https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf.
26. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
27. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.
28. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

д. т. н., професор Поліщук Л.К.

(підпис)

« ____ » _____ 2025

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На розробку сушильного барабану для неорганічних матеріалів

Розробив студент, групи 1ГМ – 216

Спеціальності 133

«Галузеве машинобудування»

Бабійчук В.О.

« ____ » _____ 2025

Керівник: к.т.н., доцент

Слабкий А.В.

1 Найменування і область застосування

Найменування – сушильний барабан для неорганічних матеріалів.

2 Підстава для виконання роботи

Підставою для розробки даної роботи є індивідуальне завдання на бакалаврську кваліфікаційну роботу та наказ ректора по ВНТУ про закріплення тем.

3 Мета і призначення дослідження

Метою є розробка сушильного барабану для неорганічних матеріалів. Призначення розробки – зневоднення неорганічних матеріалів.

4 Джерела розробки

4.1 Будівельна техніка : підручник / за ред. В. О. Онищенко та С. Л. Литвиненка. – 2-ге вид., перероб. і доп. Гриф МОН. Київ : КондорВидавництво, 2017. – 424 с.

4.2 Лівінський О. М. Будівельні машини та обладнання: підручник / О. М. Лівінський, О. М. Пшінько, М. В. Савицький та ін. – Київ : Українська академія наук; «МП Леся», 2015. – 612

4.3 Хмара Л.А., Кравець С.В., Нікітін В.Г. та ін. Машини та обладнання промисловості виробництва будівельних матеріалів, виробів і конструкцій. Атлас конструкцій. – Рівне, 2015.

4.4 Мархель І. І. Деталі машин : навчальний посібник / І. І. Мархель – К. : Алерта, 2017. – 368 с.

4.5 Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.; з іл. ISBN 978-617-7250-29-5

4.6 Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлище – Львів : Афіша, 2004. – 578 с.

4.7 Назаренко І.І., Туманська О.В. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів. – Київ «Вища школа», 2004.

5 Показники призначення:

Оброблюваний матеріал	Глина
Продуктивність, т/год	90
Максимальна температура для здійснення технологічного процесу, °С	600
Тиск в сушильній установці, МПа	0,1

5.1 Технічні вимоги

- регулювання органів управління – безступінчасте;
- вимоги монтажно-ї придатності до продукції – поставка в зібраному вигляді;
- маса продукції – до 20т;
- захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності та покриттів;
- складові частини конструкції взаємозамінні;
- деталі, вузли сушильного барабану для неорганічних матеріалів, повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила, цементу;
- система керування – логістичний контролер чи механічна система.

5.2 Вимоги до надійності:

довговічність – не менше 6 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 1 тис. год; збереженість – повинна забезпечуватися працездатність в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – компоновочне рішення повинно бути таким, що забезпечує легкодоступність

до деталей, які вірогідно можуть мати найменший термін служби (підшипник) та відносно простий їх ремонт.

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації - конструкція деталей сушильного барабану для неорганічних матеріалів повинна бути такою, щоб забезпечувати їх виготовлення без застосування спеціального обладнання і устаткування.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації, вимоги до використання стандартних, уніфікованих і запозичених складальних одиниць і деталей при розробці, показники рівня уніфікації – по можливості під час розробки конструкції сушильного барабану для неорганічних матеріалів використовувати уніфіковані деталі і стандартні вироби.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності – забезпечується безпека під час монтажу і ремонту. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень, допустимі випаровування робочої рідини у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонту сушильного барабану для неорганічних матеріалів.

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні та управлінні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей сушильного барабану для неорганічних матеріалів слід вибирати відповідно до рекомендацій, що застосовують під час виготовлення обладнання, що працює у важких умовах.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговуванню і ремонту:

- умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання продукції з заданими технічними показниками – продукція призначена для використання у середньоширотних кліматичних умовах;

- час підготовки продукції до використання після транспортування і зберігання – 8 год;

- вид обслуговування періодичний;

- періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 1 день (один раз в три місяці);

5.9 Вимоги по транспортуванню і збереженню

- можливість транспортування на будь-якому виді транспортних засобів відповідної вантажопід'ємності;
- захист від ударів під час завантаження і розвантаження;
- зберігання на складі готової продукції;
- зберігання у законсервованому вигляді;
- складування на стелажах.

6 Етапи НДР і терміни їх виконання:

- Виконати дослідження з встановленням стану та тенденції розвитку сушильного обладнання барабанного типу, дослідити конструкції аналогічного обладнання;
- Виконати патентно-інформаційний огляд сушильного обладнання;
- Базуючись на результатах теоретичного дослідження проблематики теми роботи розробити конструкцію сушильного барабану для неорганічних матеріалів;
- Виконати технологічні та конструкторські розрахунки, що необхідні для побудови розробленої конструкції;
- Запропонувати заходи з охорони праці для безпечної експлуатації розробленої конструкції сушильного барабану для неорганічних матеріалів.
- висновки.
- оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту бакалаврської кваліфікаційної роботи.

7 Порядок контролю і прийомки

- попередній захист БКР.
- захист БКР.

Додаток Б (обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**«РОЗРОБКА СУШИЛЬНОГО БАРАБАНУ ДЛЯ НЕОРГАНІЧНИХ
МАТЕРІАЛІВ»**

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОСУШУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ



Рисунок 1 – Сушильний барабан вітчизняного виробника ENGITRUST



Рисунок 3 – Сушилка барабанного типу, виробник ЕКВІПТЕХ



Рисунок 2 – Сушильний барабан модель СБМ, виробник Монтажник-К



Рисунок 4 – Сушильний комплекс барабанного типу АВМ 0-65, виробник ЕКО ПОЛІССЯ

ПАТЕНТНО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОГЛЯД

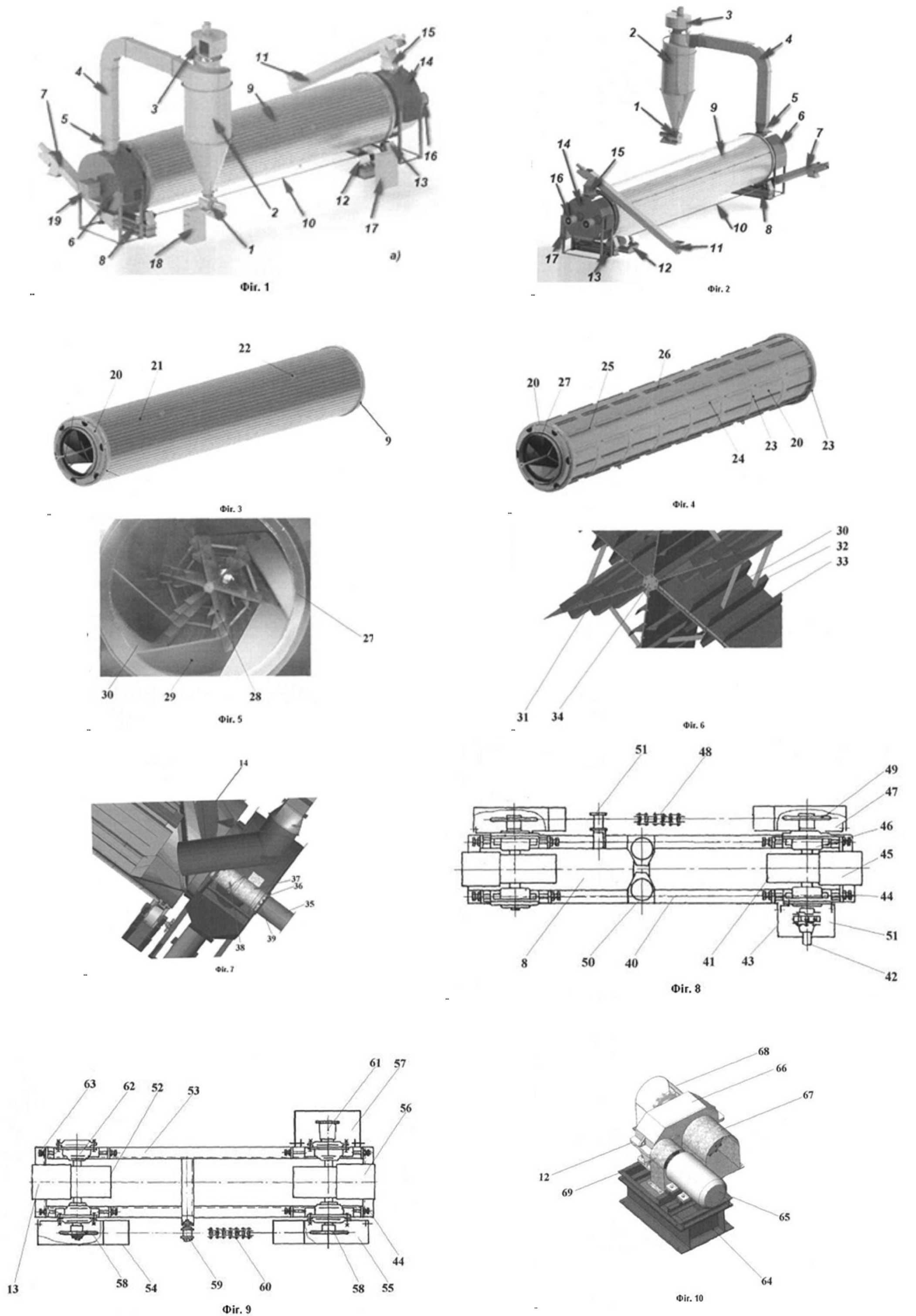


Рисунок 1 – Сушильна камера барабанного типу з нагрівними інфрачервоними елементами "Індіго", згідно патенту №83222

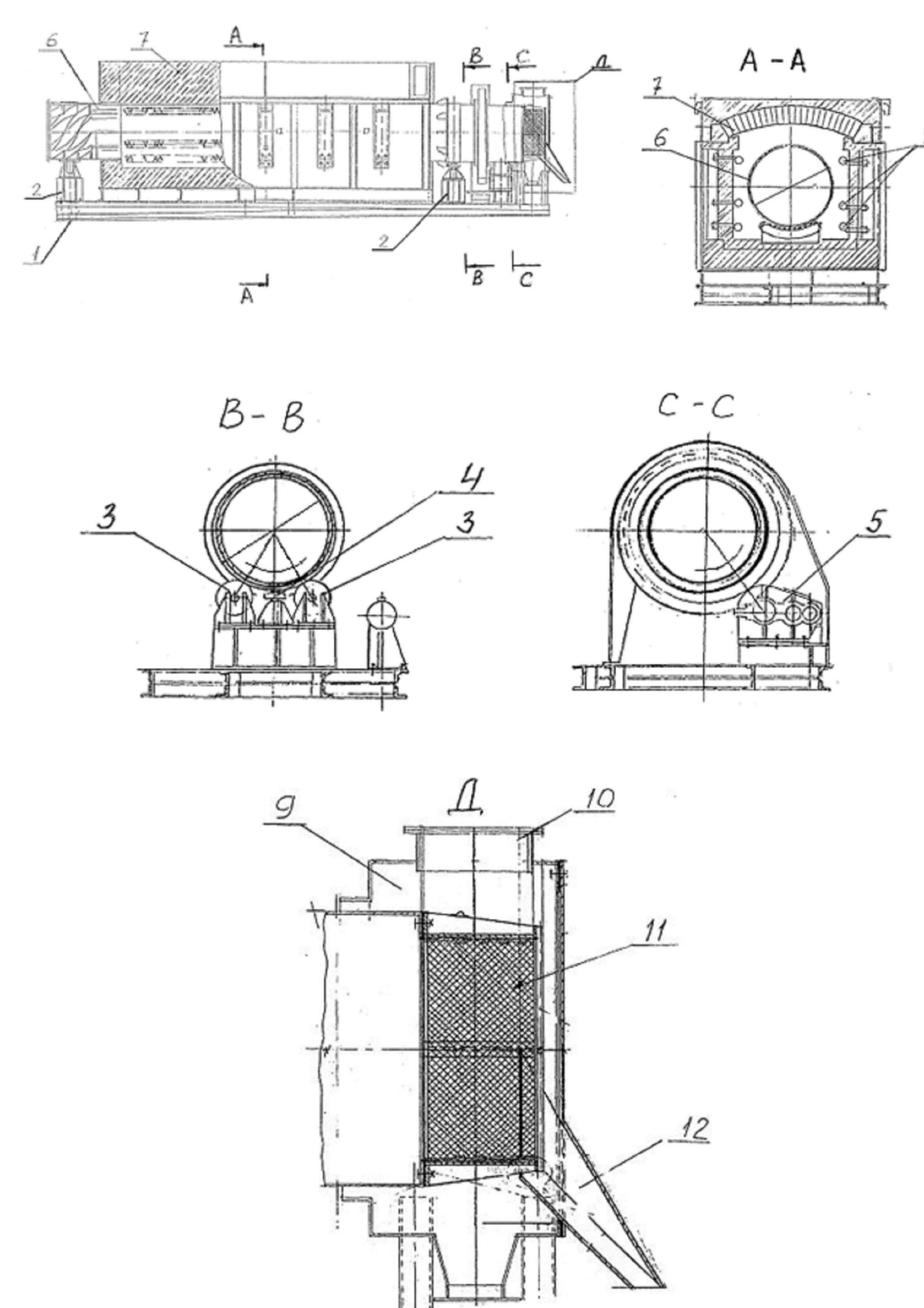


Рисунок 2 – «Піч сушильна барабанна» згідно патенту України на корисну модель №7418

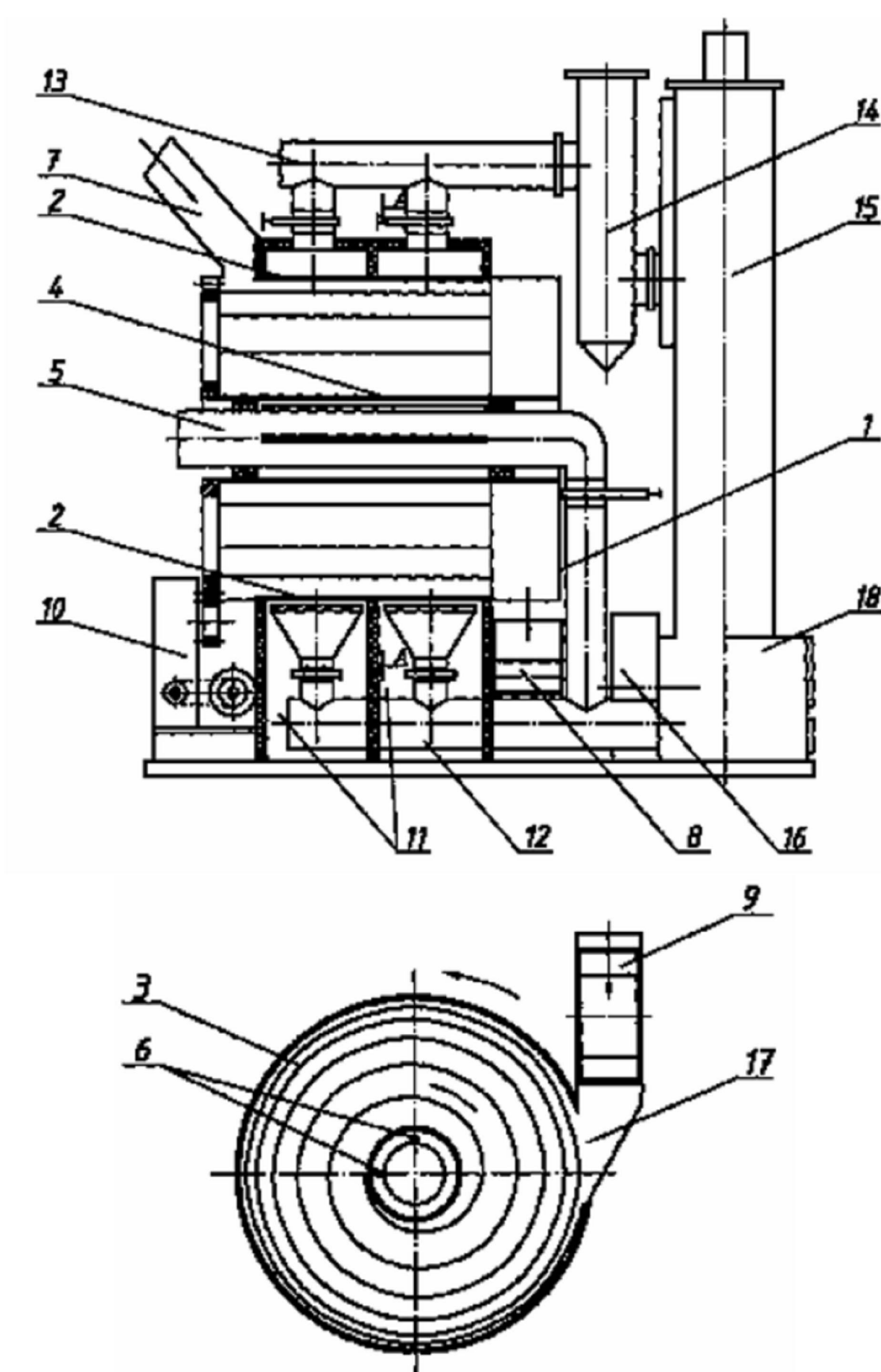


Рисунок 3 – Барабана сушарка згідно корисної моделі України №36392

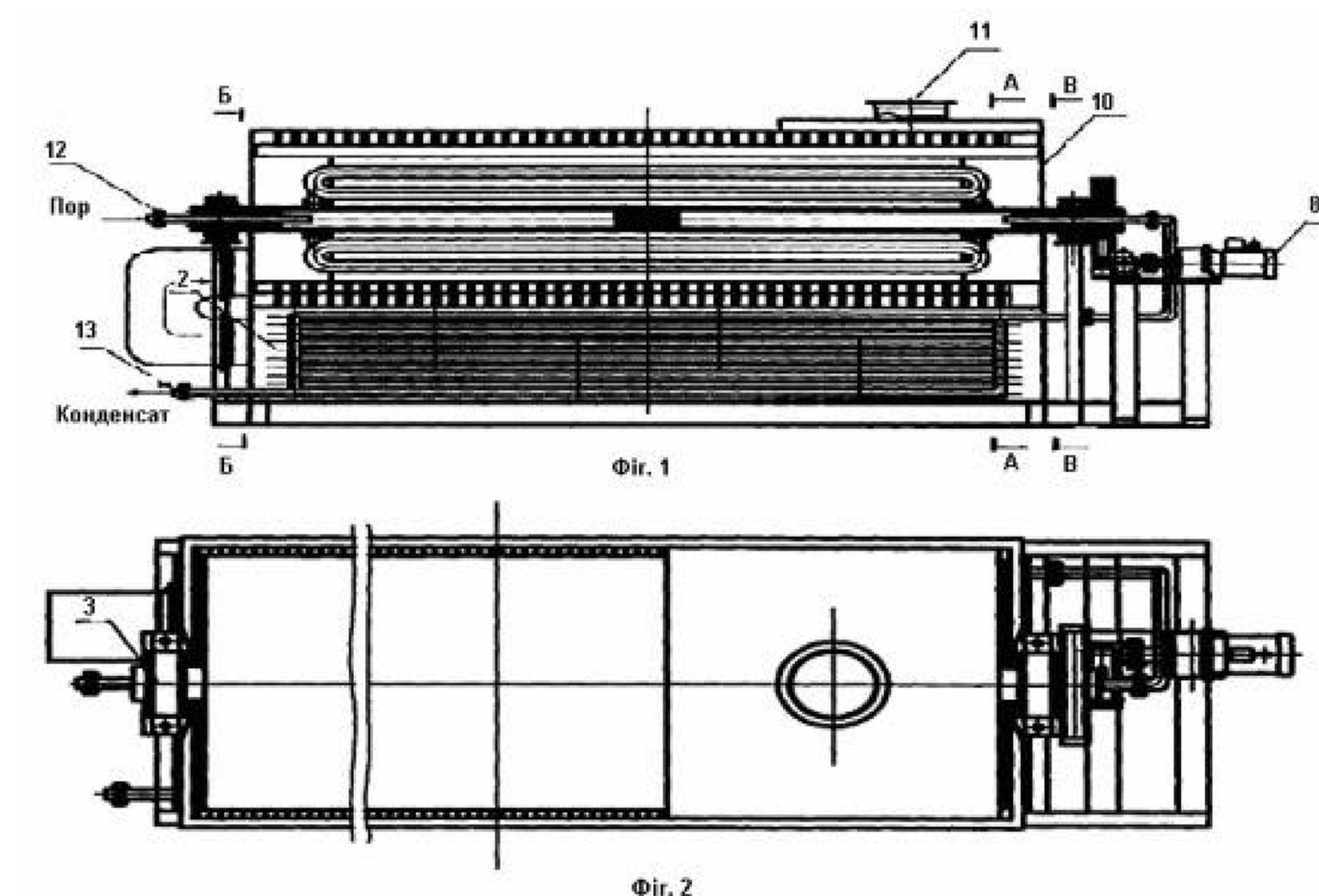
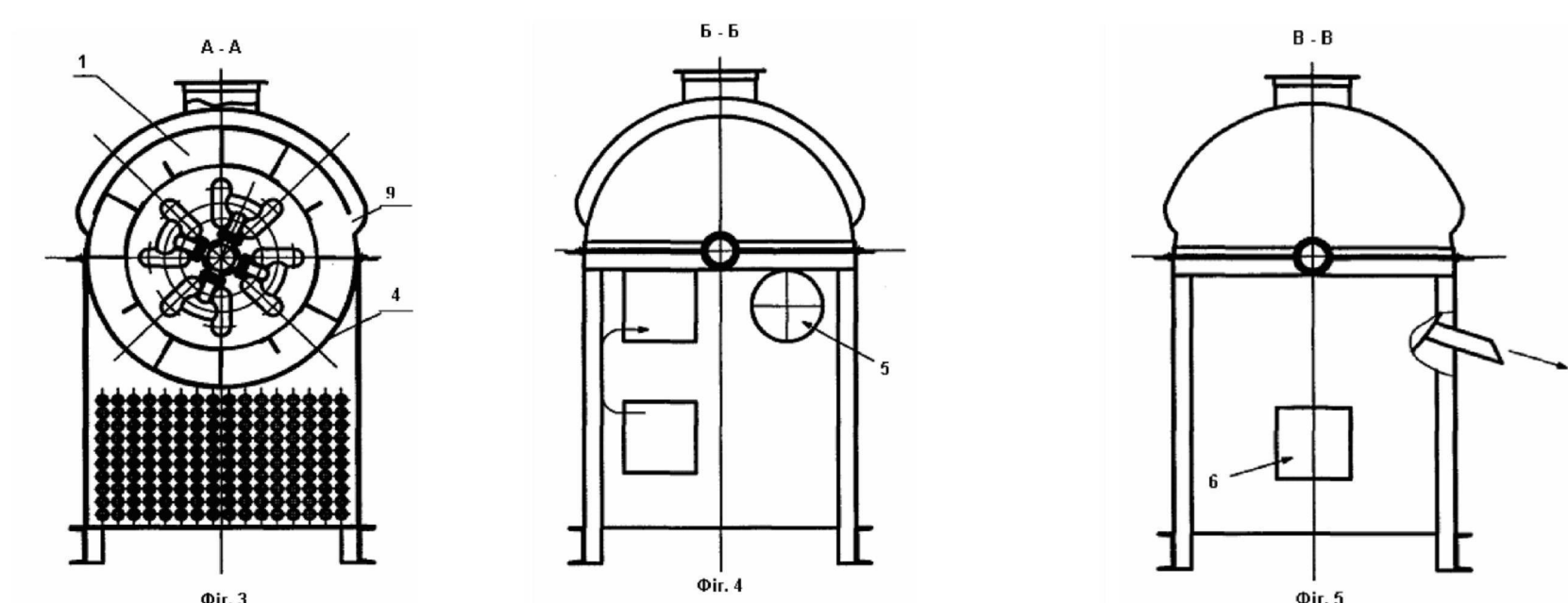
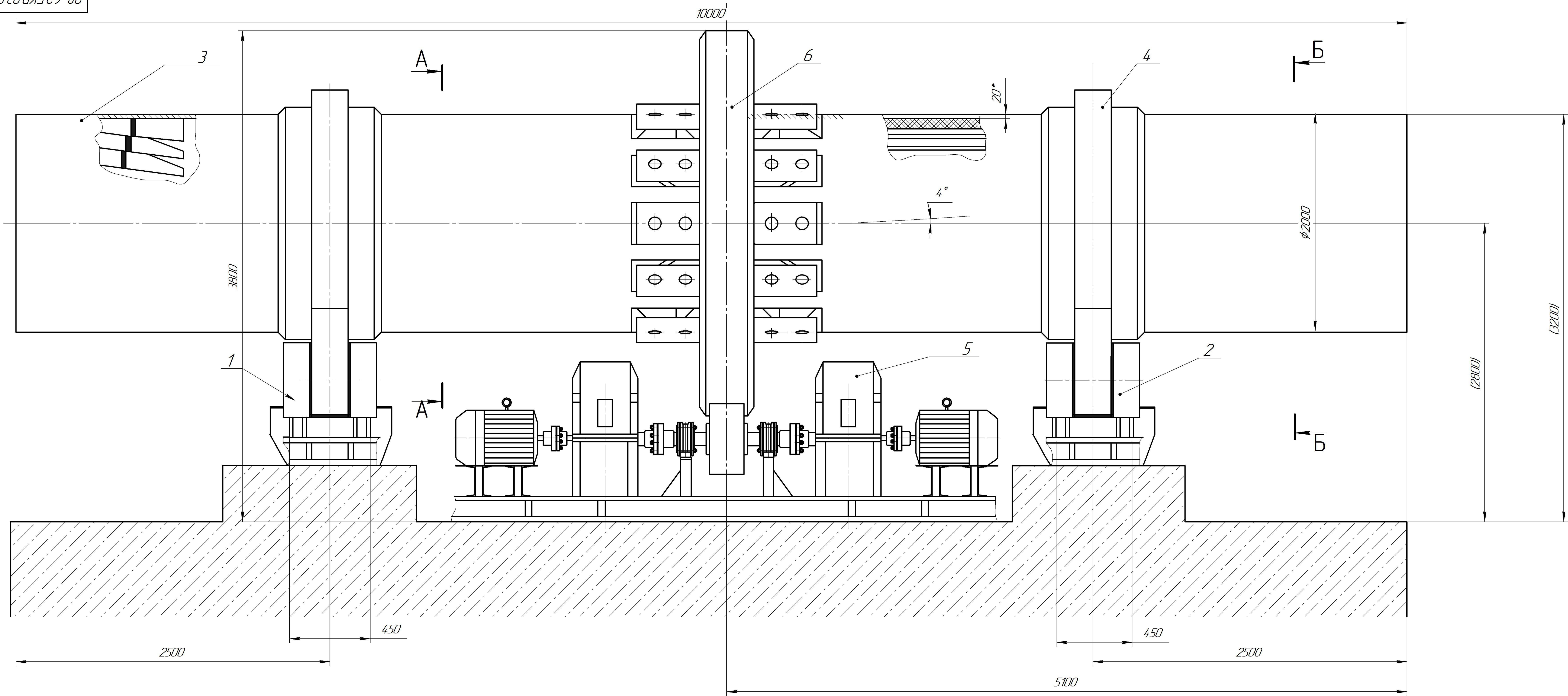


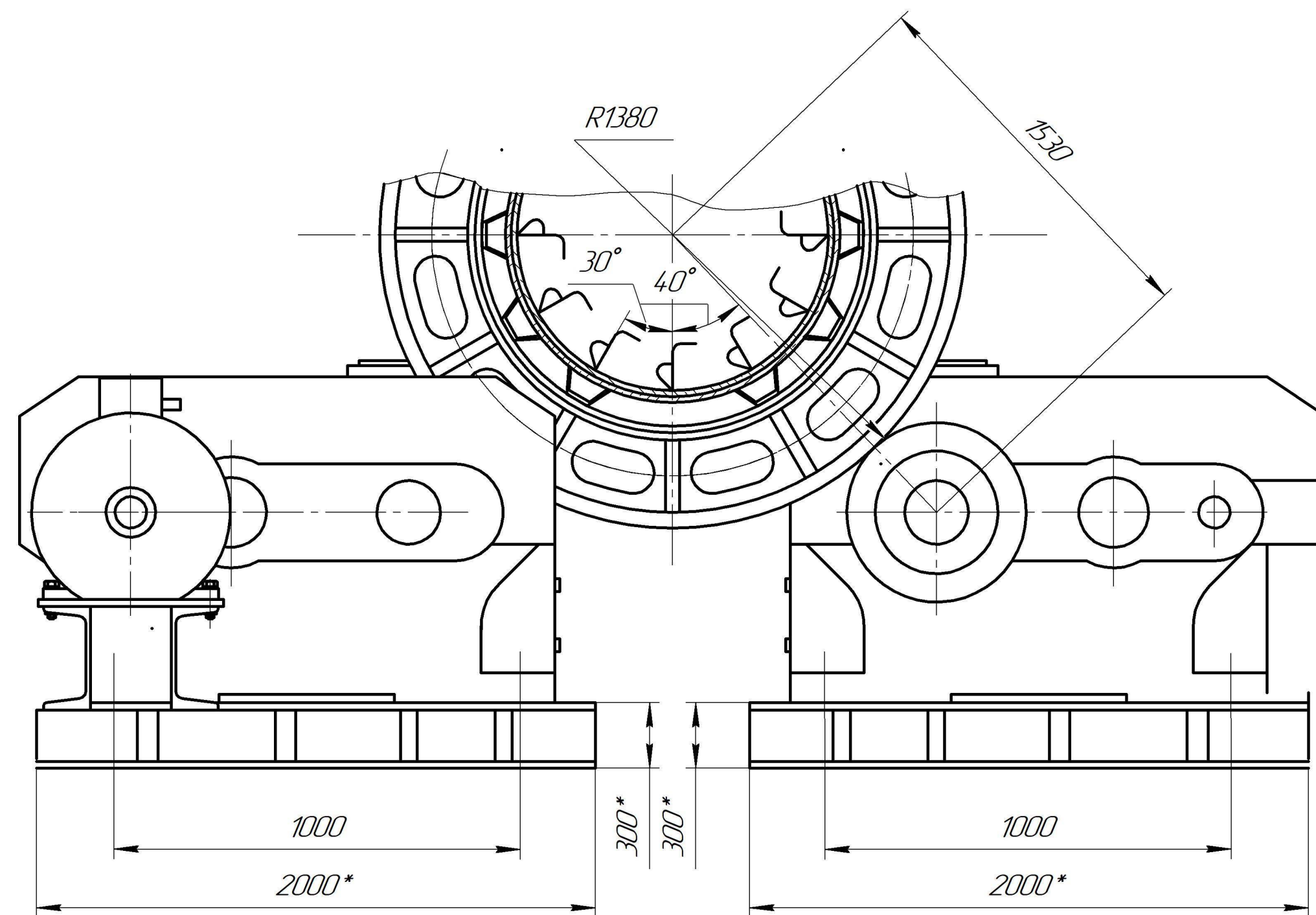
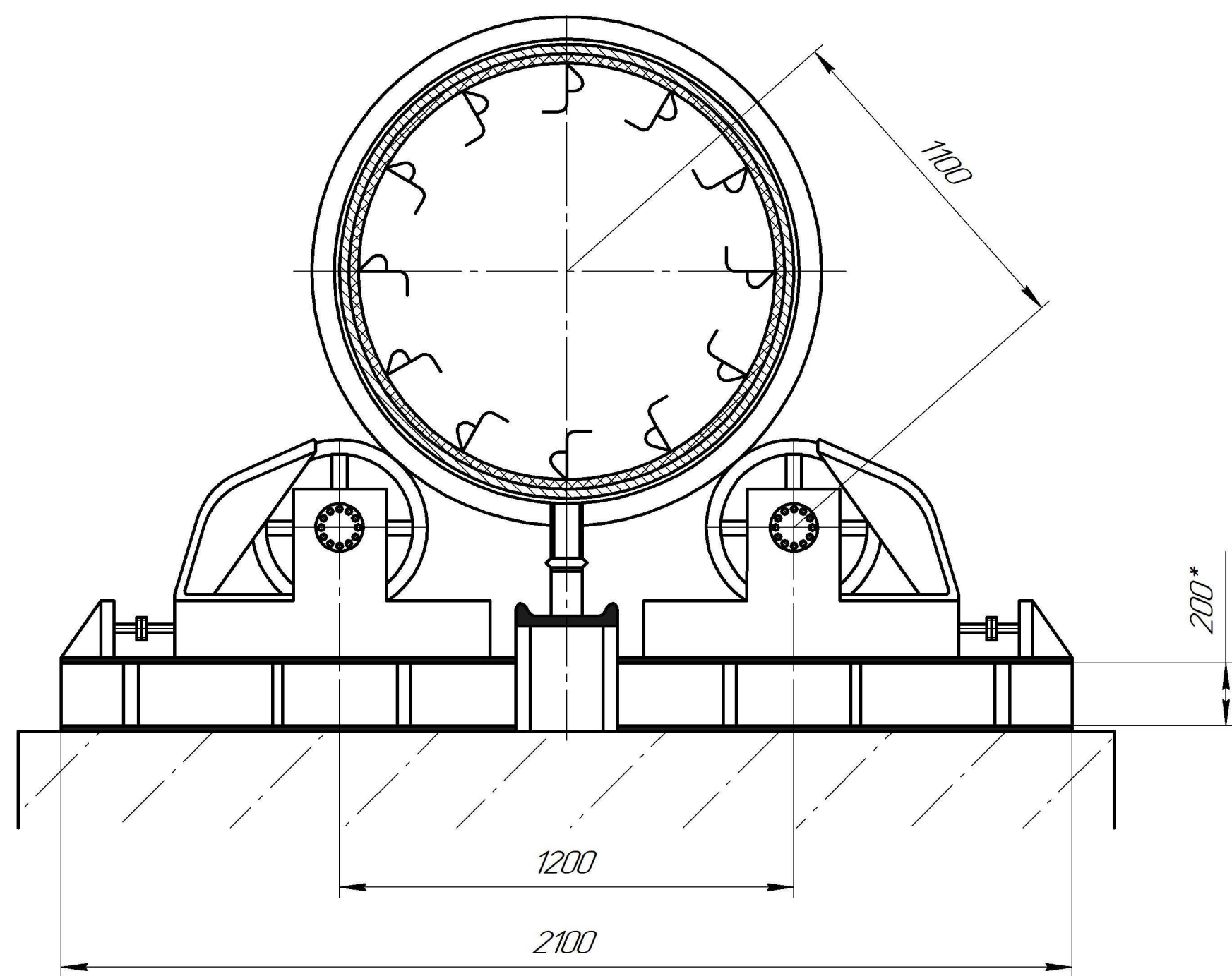
Рисунок 4 – Барабанний апарат для сушіння сипких продуктів, патент на винахід України №63512





A-A (1:20)

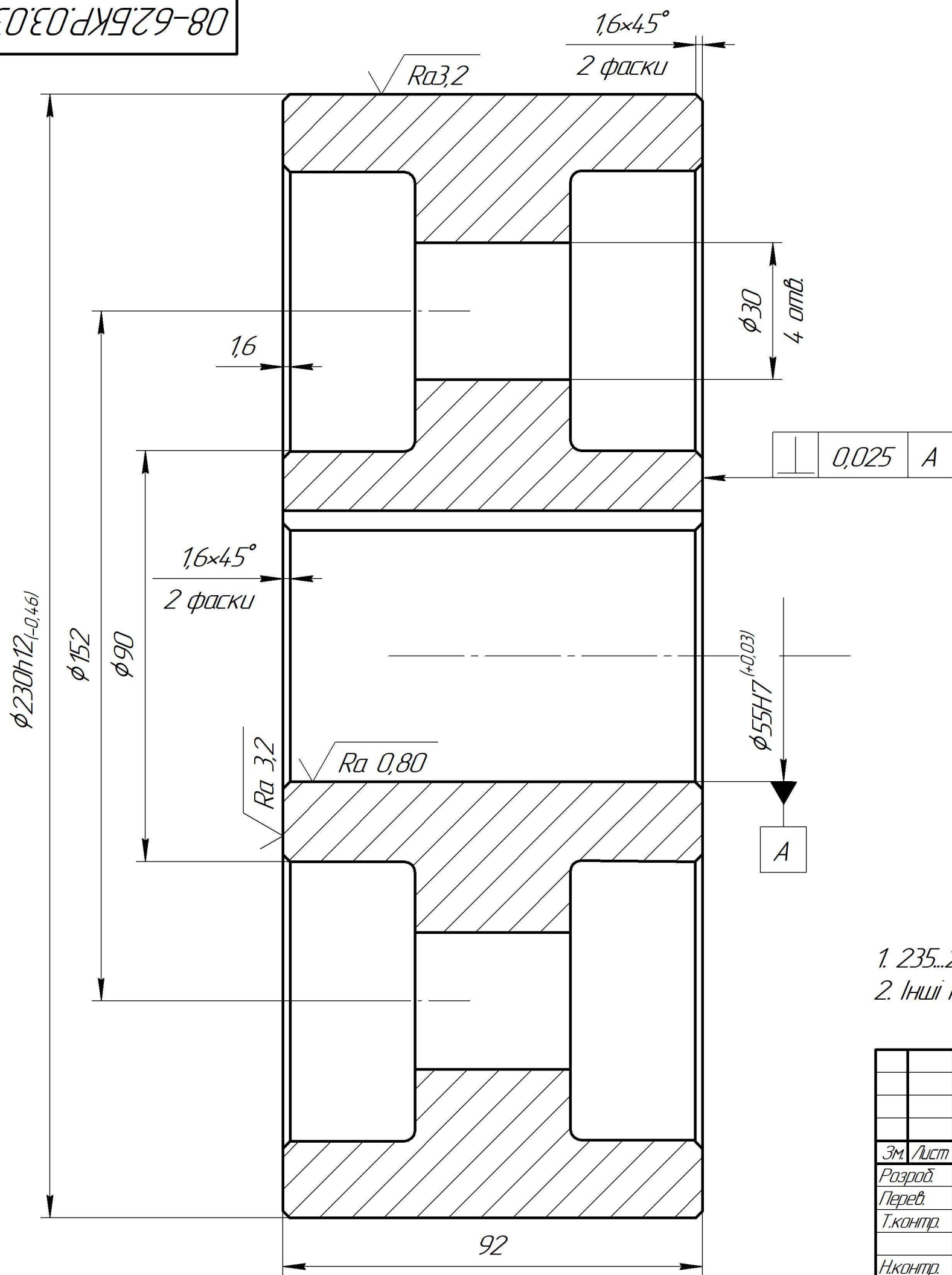
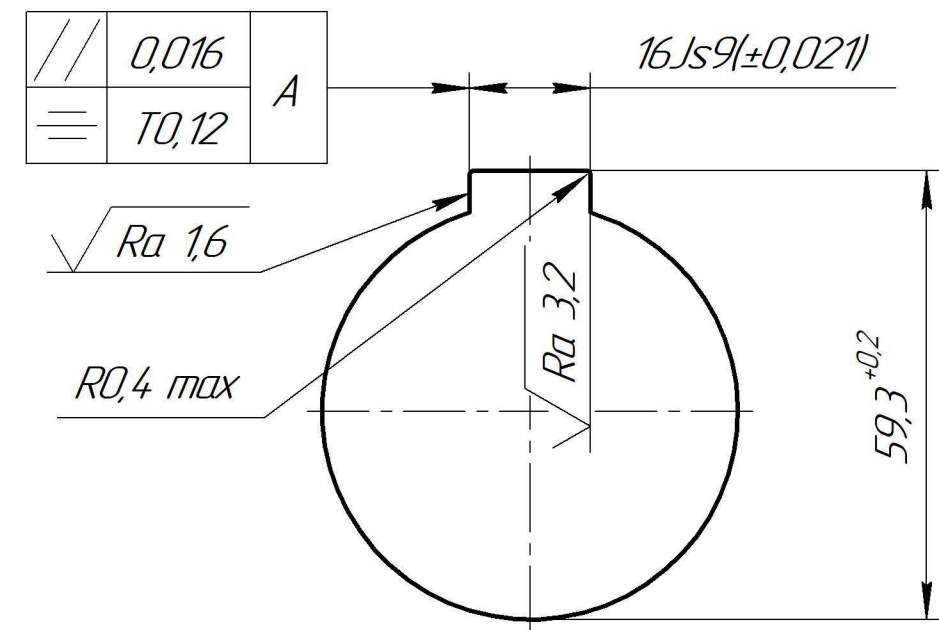
Б-Б (1:20)



Технічна характеристика

1. Оброблювальний матеріал	глина
2. Температура, °C	600
3. Тиск, МПа	0,1
4. Габаритні розміри, мм	
довжина	10000
ширина	3200
висота	3800
5. Частота обертання барабану, об/хв	6,4
6. Продуктивність, т/год	90

08-62.БКР.03.00.000.СК				Сушильний барабан для неорганічних матеріалів (складальний креслення)		
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Масштаб
Розроб.	Бодічук В.В.				11	
Перед.	Слодій А.В.				Листів	1
Т.контр.					ВНТУ, 1ГМ-210	
Н.контр.	Слодій А.В.				Копіювати	
Затв.	Поліщук Л.К.				Формат А1	

 $\sqrt{Ra\ 6.3}$ 

1. 235...262 НВ
2. Інші технічні вимоги по СТБ1022-96

					08-62.БКР.03.03.002						
					Ролик приводний	Лит.		Маса		Масштаб	
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата						1:1	
Розроб.	Бабійчук В.О.										
Перев.	Сладкий А.В.										
Т.контр.						Лист			Листів		1
Н.контр.	Сладкий А.В.				Сталь 45 ДСТУГОСТ 1050-88	ВНТУ, ІГМ-216					
Затв.	Поліщук Л.К.										

Формат А3

ИВ. № 020021Н.

Додаток В

СПЕЦИФІКАЦІЇ

**«РОЗРОБКА СУШИЛЬНОГО БАРАБАЛУ ДЛЯ НЕОРГАНІЧНИХ
МАТЕРІАЛІВ»**

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
			08-62.БКР.03.05.000.СК	Складальний кресленик	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	08-62.БКР.03.05.100.СК	Рама	1	
		2	08-62.БКР.03.05.200.СК	Приводний ролик	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		3		Болт М16х376		
				ГОСТ 24379.1-80	10	
				Болт ДСТУГОСТ 7805-70		
		4		М10х46	4	
		5		М20х85	6	
				Гайка ДСТУГОСТ 10650-94		
		6		М8	4	
		7		М20	26	
				Шайба ДСТУГОСТ10906-78		
		8		М8	4	
		9		М16	10	
		10		М20	6	
		11		Шайба 16Н ДСТУГОСТ6204-78	10	
				<u>Інші вироби</u>		
		12		Муфта 1-160-22.1-28.2	2	
				ГОСТ Р 50892-96		
			08-62.БКР.03.05.000.			
			Зм.	Арк	№ докум	Підпис
Інв. № ориг.	Розроб.	Бабійчук В.О.				Привод сушильного барабану для неорганічних матеріалів
	Перевір.	Слабкий А.В.				
	Нач. від.					
	Н.контр	Слабкий А.В.				
	Затв.	Поліщук Л.К.				
		Літ.	Аркуш	Аркушів		
			1	3		
		ВНТУ, 1ГМ-216				

Підп. і дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

Копіював

Формат А4

Додаток Г

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ
ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

**«РОЗРОБКА СУШИЛЬНОГО БАРАБАНУ ДЛЯ НЕОРГАНІЧНИХ
МАТЕРІАЛІВ»**

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Розробка сушильного барабану для неорганічних матеріалів.

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра галузевого машинобудування, ФМТ, гр. ІГМ-216

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 22 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Поліщук Л.К., зав. кафедри ГМ

(прізвище, ініціали, посада)

А. Мосин
(підпис)

Шенфельд В.Й., доцент кафедри ГМ

(прізвище, ініціали, посада)

Шенфельд В.Й.
(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

Шенфельд В.Й.
(підпис)

Шенфельд В.Й.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

Слабкий А.В., к.т.н., доцент
(підпис)

Слабкий А.В., к.т.н., доцент

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

Бабійчук В.О.
(підпис)

Бабійчук В.О.

(прізвище, ініціали)