

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **Сокольський О. Л.**

«_____» _____ 2025 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності *133 – Галузеве машинобудування*

на тему: Бігуни мокрого помелу з модернізацією катків

Студент групи IV к. ЛП-12

(шифр групи)

Ткачук Григорій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проекту: Проф. Сокольський Олександр Леонідович

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ _____ **Щербина В.Ю.**

ТЕХ. МАШ. _____ **Борщик С.О.**

ОХОРОНА ПРАЦІ _____ **Ковтун А. І.**

РЕЦЕНЗЕНТ _____

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

Студент Ткачук Г. О.

Київ 2025 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність – *133 Галузеве машинобудування*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О. Л. Сокольський**

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту

Ткачук Григорій Олександрович

1. Тема проекту «Бігуни мокрого помелу з модернізацією катків», керівник проекту, Сокольський Олександр Леонідович.
2. Термін подання студентом проекту 17.06.2025р.
3. Вихідні дані до проекту: об'єкт розробки – MB500; габаритні розміри: довжина – $L=1600$ мм; ширина – $S=400$ мм; висота – $H=500$ мм; маса – $M=14,5$ т; діаметр чаші – $d=3,18$ м; матеріал, що подрібнюється – волога глина; потужність – $N=53$ кВт.
4. Зміст пояснювальної записки
Пояснювальна записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; 1 Призначення і галузь застосування екструдера; 2 Технічні характеристики бігунів мокрого помелу MB500; 3 Опис конструкції та призначення бігунів мокрого помелу MB500;
5. Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації ; 5 Охорона праці; 6 Очікувані механіко-економічні показники; Висновки.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
МОДЕРНІЗАЦІЇ	Щербина В. Ю.		
ТЕХ. МАШИНОБУД.	Борщик С. О.		
ОХОРОНА ПРАЦІ	Ковтун А. І.		

7. Дата видачі завдання 19.05.2025

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Вступ. Технічна характеристика.	12.04.25-16.04.25	
2.	Призначення та галузь використання.	17.04.25-20.04.25	
3.	Опис конструкції та принцип дії.	23.04.25-28.04.25	
4.	Літературно-патентний огляд.	20.04.25-05.05.25	
5.	Розрахунки.	07.05.25-12.05.25	
6.	Охорона праці	27.05.25-01.06.25	
7.	Технологія машинобудування.	25.05.25-02.06.25	
8.	Висновки.	01.06.25-03.06.25	
9.	Графічна частина.	21.04.25-14.05.25	

Студент

Ткачук Г. О.

Керівник проекту

Сокольський О. Л

Реферат

Розроблено бакалаврський дипломний проект на тему «Бігуни мокрого помелу з модернізацією катків».

Метою проекту є модернізація бігунів мокрого помелу MB500. Дипломний проект вміщує «Пояснювальну записку», «Розрахунки», «Технологію машинобудування» та графічну частину.

Методи розробки і проектування - аналітичні, розрахункові, проектувальні; з використанням відомих методів, комп'ютерних програм, нормативних документів.

При виконанні дипломного проекту було виконано наступне:

- описано технологічну схему процесу виготовлення цегли, в якому приймають участь бігуни мокрого помелу;
- вивчено принципи роботи і конструкцію бігунів мокрого помелу;
- виконано параметричні, кінематичні та розрахунки на міцність необхідних для розробки і проектування бігунів, згідно з технічним завданням;
- було виконано літературно – патентний огляд, в результаті якого було розглянуто 5 патентів, на основі якого було обрано для модернізації патент № 3941;
- розроблено і спроектовано модернізований каток бігунів мокрого помелу, що збільшує продуктивність агрегату та показує вищі показники міцності.

Ключові слова: бігуни мокрого помелу, помел, чаша, подрібнення, модернізація, котки.

Abstract

A bachelor's diploma project has been developed on the topic "Wet roller mills with modernization of rollers."

The aim of the project is to modernize the wet roller mill model MB-500.

The diploma project includes an explanatory note, calculations, manufacturing process technology, and a graphical part.

The methods of development and design used include analytical, computational, and design-based approaches, applying well-known engineering methods, computer software, and regulatory documentation.

During the execution of the diploma project, the following tasks were completed:

- the technological scheme of the brick production process, in which wet roller mills are involved, was described;
- the operating principles and construction of wet roller mills were studied;
- parameter, kinematic, and strength calculations necessary for the design and development of the roller mills were performed according to the technical requirements;
- a literature and patent review was conducted, during which 5 patents were analyzed, and patent No. 3941 was selected as the basis for modernization;
- a modernized roller for the wet roller mill was designed and developed, increasing the productivity of the equipment.

Keywords: wet roller mill, milling, bowl, crushing, modernization, rollers.

Перелік позначень

Умовні позначення:

Π_{ρ} - продуктивність, $\frac{m}{год}$;

D – діаметр котка, м;

B – ширина шкребка, м;

P – зусилля, Н;

f – коефіцієнт тертя;

E – модуль пружності, $\frac{MH}{м^2}$;

σ - границя міцності, $\frac{MH}{м^2}$;

d – діаметр подрібненого матеріалу, м;

R_c - радіус кола кочення котка, м;

D_{κ} - Середній діаметр кочення котків, м;

m – маса котка, кг;

F – площа перерізу отворів, $м^2$;

$N_{\partial в}$ - потужність двигуна, кВт;

i – кількість котків;

u – передаточне число;

z – число зубців;

σ_F - допустиме напруження згину, МПа;

σ_T - границя текучості матеріалу при розтязі, МПа;

α - кут захвату, $^{\circ}$;

D_{κ} - діаметр чаші, м;

$\rho_{мет}$ - об'ємна маса металу, $кг/м^3$;

l – довжина прутка матеріалу, м;

ω - відцентрова швидкість, $м/с$;

η - ККД приводу;

T – крутний момент, $Н \cdot м$.

ЗМІСТ

Вступ.....	1
1 Призначення і галузь застосування бігунів мокрого помелу MB500	2
1.1 Призначення бігунів мокрого помелу MB500.....	2
1.2 Застосування бігунів мокрого помелу MB500	3
2 Технічні характеристики бігунів мокрого помелу MB500	5
3 Опис конструкції та принцип дії MB500	6
4 Літературний та патентний огляд.....	9
4.1 Літературно-патентний огляд.....	9
4.2 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення катків бігуна.....	13
4.3 Обґрунтування модернізації.....	15
5 Розрахунки.....	17
5.1 Кінематичні та параметричні розрахунку	17
5.2 Кут захвату.....	19
5.3 Відношення між діаметром катка бігуна.....	19
6 Охорона праці	43
6.1 Виробничий шум.....	44
6.2 Промислове освітлення.....	44
6.3 Електробезпека.....	45
6.4 Характеристика виробництва по пожежній безпеці та вибухонебезпеці... ..	45
6.5 Очікувані маханіко-економічні показники.....	48
7 Технологія машинобудування	53
7.1 Опис та призначення СТАКАНУ.....	53
7.2 Аналіз вибору конструкції.....	54
7.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу.....	54
7.4 Метод отримання заготовки.....	55
7.5 Технологічний процес виготовлення деталі СТАКАН.....	56
Загальні висновки	66

					ЛП12.111116.00-70ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ткачук Г. О.			Бігуни мокрого помелу з модернізацією катків		
Перевір.		Сокольський О. Л.					
Н. Контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Затверд.		Сокольський О. Л.					

ВСТУП

Хімічне машинобудування є однією з ключових галузей важкого машинобудування, що відіграє важливу роль у розвитку промисловості, енергетики та економіки в цілому. Воно забезпечує технічну базу для функціонування багатьох суміжних галузей, таких як паливна, енергетична, лісова, будівельна, гірничо-хімічна промисловість. До основних напрямків хімічного машинобудування належать проектування та виготовлення обладнання для хімічної, нафто-газопереробної, гумотехнічної, газоочисної та кріогенної галузей. Особливе місце займає виробництво машин і агрегатів для обробки сировини у вигляді пастоподібних або вологих мас, зокрема глини, що широко використовується у виробництві керамічних будівельних матеріалів.

У зв'язку з необхідністю оптимізації ресурсів та зростанням попиту на ефективне перероблення природних матеріалів, постає потреба у модернізації обладнання, здатного працювати з вологою сировиною при значних навантаженнях. Одним із таких агрегатів є бігуни мокрого помелу типу МВ-500, які використовуються для подрібнення вологих глин і формування однорідної маси у керамічній та будівельній галузі. Метою даного бакалаврського дипломного проекту є розробка та модернізація катків бігунів мокрого помелу МВ-500, що є важливою ланкою у ланцюгу підготовки глиняної маси перед формуванням і випалюванням. Особлива увага приділена покращенню зносостійкості, зменшенню навантаження на робочі вузли, зниженню енерговитрат та підвищенню ефективності помелу глини. Для досягнення поставленої мети було здійснено літературно-патентний пошук, проведено аналіз сучасних конструкцій бігунів. У результаті розроблено нову конструкцію катків, яка повинна забезпечити рівномірний розподіл тиску по поверхні глини та зменшити втрати матеріалу в процесі переробки.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІГУНІВ МОКРОГО ПОМЕЛУ MB500

1.1 Призначення бігунів мокрого помелу

Бігуни мокрого помелу — це технологічні машини циклічної дії, призначені для подрібнення, перемішування та гомогенізації вологих і пластичних матеріалів шляхом роздавлювання їх важкими катками в металевій чаші. Бігуни широко застосовуються у виробництві будівельної кераміки, зокрема цегли, черепиці, облицювальних елементів, а також у вогнетривкому та гончарному виробництві. Основне завдання бігунів — подрібнення великогрудкової глинистої сировини до однорідної пластичної маси, придатної до формування виробів. Принцип дії бігунів базується на використанні важких сталевих або чавунних катків, які обертаються по внутрішній поверхні чаші та стирають, перемелюють і перемішують вологу глину.

Головною перевагою бігунів є здатність ефективно обробляти матеріал високої вологості (понад 25–30 %) без додаткового зневоднення або просушування, а також забезпечувати рівномірну пластичність і щільність готової маси. Також бігуни здатні працювати з додатковими домішками — шамотом, піском або вторинною сировиною, які рівномірно розподіляються в процесі перемішування. Процес помелу у бігунах супроводжується значним статичним і зсувним тиском на глину, що сприяє руйнуванню грубих грудок, зменшенню кількості пустот та підвищенню гомогенності структури.

Це вкрай важливо для забезпечення формостійкості виробів на наступних стадіях виробництва. Бігуни є незамінним обладнанням на етапі підготовки глиняної маси, оскільки дозволяють досягти високої якості формовочної суміші з оптимальними реологічними властивостями.

1.2 Застосування бігунів мокрого помелу MB-500 для виготовлення глиняної маси

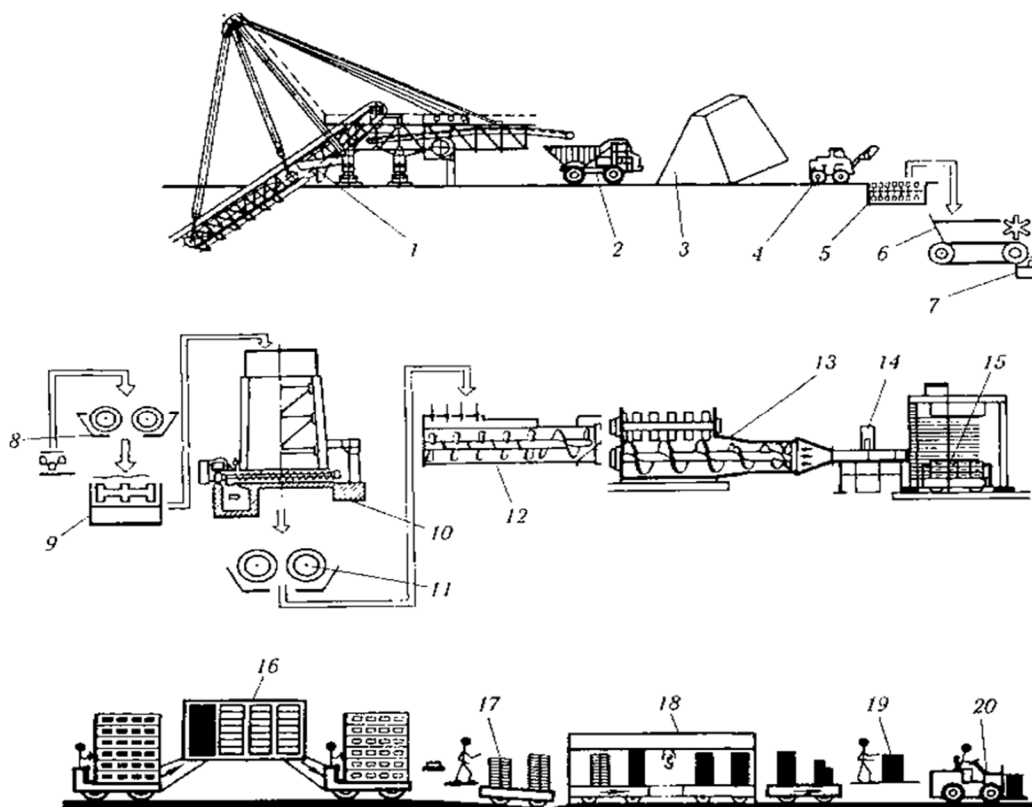
Бігуни мокрого помелу моделі MB-500 застосовуються на керамічних підприємствах для подрібнення і пластичного перемішування вологих глин у складі технологічної лінії підготовки сировини. Глина, добута в кар'єрі, транспортується на підготовчий майданчик, де попередньо зволожується до вологості понад 25 %, після чого завантажується в чашу бігуна MB-500 за допомогою конвеєра або екскаватора.

Катки бігуна, що обертаються під дією приводу, розминають глину, подрібнюють великі грудки та перемішують масу до однорідного стану. Після досягнення необхідної консистенції маса надходить на стрічковий конвеєр, що подає її на наступний етап — вакуумне або шнекове формування. Отримана глиняна маса використовується для виробництва будівельної кераміки, зокрема стінової цегли, плитки, фасадних елементів та димових каналів.

У деяких випадках у бігуни завантажуються додаткові компоненти, такі як шамот, зола винесення або подрібнене будівельне сміття — все це рівномірно перемішується завдяки дії катків. Модель MB-500 вирізняється високою надійністю, здатністю працювати з глиною підвищеної пластичності, а також зручністю обслуговування. У рамках даного проєкту передбачено модернізацію катків для зменшення зносу, покращення захисту від налипання глини та зниження експлуатаційного шуму.

Завдяки цьому підвищується ефективність роботи бігуна, зменшуються енерговитрати і витрати на технічне обслуговування, що позитивно впливає на загальну економіку виробництва.

На рис. 1.1 наведено технологічну схему з використанням бігуна мокрого помелу



1 – екскаватор; 2 – автосамоскид; 3 – сховище; 4 – навантажувач; 5 – глино-розпушувач; 6 – ящиковий живильник; 7 – змішувач; 8 – камневиділювальні валки; 9 – бігуни мокрого помелу; 10 – глинозапасник; 11 – валки тонкого помелу; 12 – глинозмішувач з фільтрувальною головкою; 13 – шнековий прес; 14 – автомат різання; 15 – сушильна вагонетка; 16 – камерні сушарки; 17 – випалювальні вагонетки; 18 – піч; 19 – піддон; 20 – майданчик відвантаження.

Рисунок 1.1 – Технологічна схема роботи бігунів

2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ MB500

В таблиці 2.1 наведено основні характеристики MB500.

№	Параметр	Позначення	Одиниці	Значення
1	Діаметр чаші	d	м	3,2
2	Потужність	N	кВт	53
3	Габаритні розміри: – довжина; – ширина; – висота.	L S H	мм мм мм	1600 400 500
4	Маса	M	кг	14500

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики MB500

3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП ДІЇ MB500

Бігуни мокрого помелу типу MB-500 належать до машин періодичної дії, які застосовуються для механічної обробки мінеральних матеріалів високої вологості, зокрема глинистих мас, у процесі їх підготовки до формування. У галузях хімічного, будівельного та керамічного машинобудування ці агрегати відіграють важливу роль як обладнання для подрібнення та гомогенізації сировини перед наступними операціями — пресуванням, екструзією чи випалюванням.

Бігуни мокрого помелу MB-500 складається з таких основних вузлів: металева чаша — циліндрична або конусна форма, діаметр чаші становить приблизно 1500 мм, внутрішня поверхня виконана з зносостійкого металу або облицьована змінними плитами. Чаша слугує робочою зоною, в якій відбувається безпосереднє подрібнення і перемішування сировини. Катки (вальці) — два масивних котки, вагою до 1,5–2 тонн кожен, виготовлені з литої сталі або чавуну. Катки встановлені на радіальних опорах і мають можливість обертатися навколо власної осі під час руху по колу в чаші. Привідний механізм — включає електродвигун, клинопасову передачу, головний редуктор і вал-шестерню, яка передає обертальний момент на несучу конструкцію з катками. Рама або станина — виконує функцію опори всієї конструкції. Вона має підвищену жорсткість і антивібраційне виконання для стабільної роботи агрегату.

Завантажувальний пристрій — у вигляді воронки або шлюзового живильника, через який сировина подається в чашу. Може мати захисні решітки для запобігання потраплянню металевих або кам'яних домішок. Система очищення — може включати скребки або щітки, що знімають залишки глини з внутрішньої поверхні чаші та катків для зменшення налипання і покращення теплового режиму роботи.

Робочий цикл бігуна мокрого помелу МВ-500 реалізується за допомогою поєднання сил стиснення, тертя і зсуву, які виникають між катками та сировиною під час їх обертання в чаші.

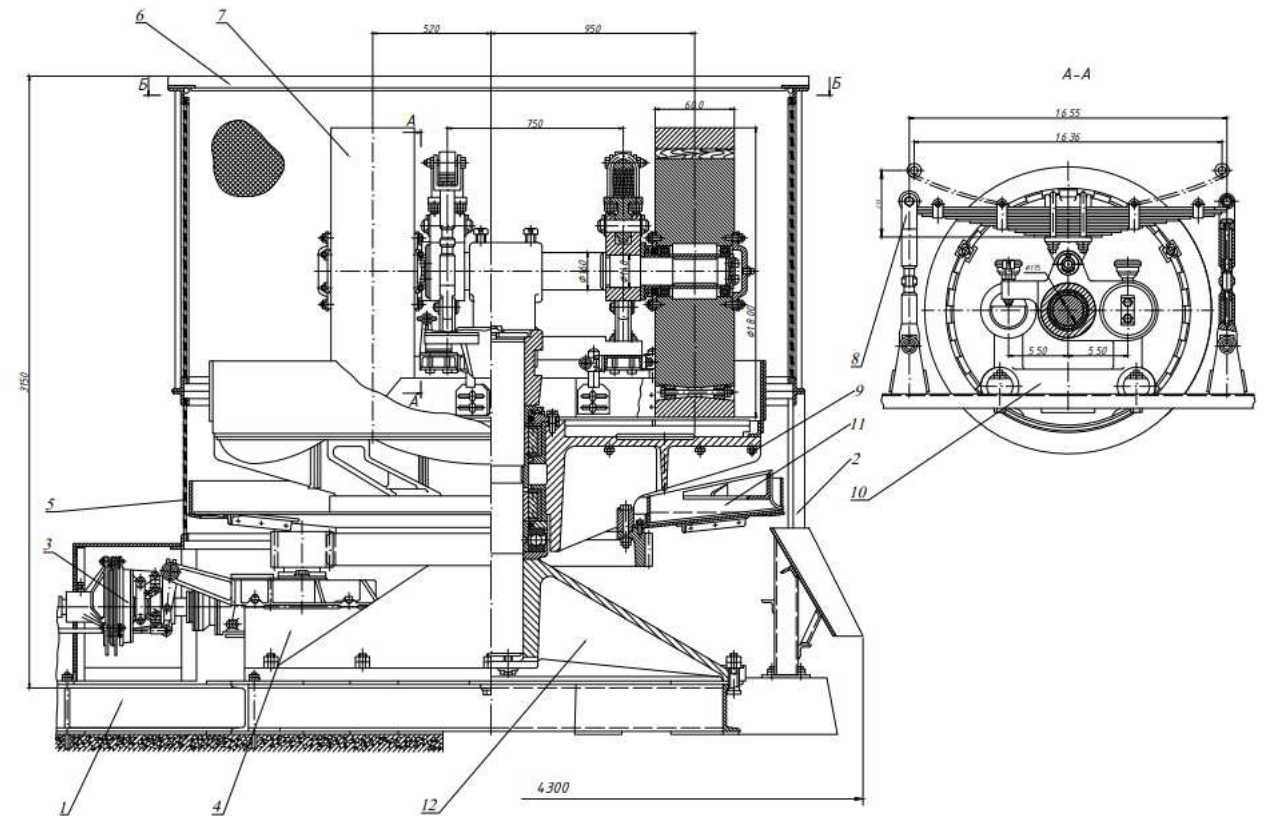
Сировина (зазвичай волога глина з вологістю 25–35 %) подається в чашу бігуна, яка нерухома відносно корпусу. Два важких катки встановлені на горизонтальних осях і переміщуються по колу всередині чаші. Привідний механізм через систему передач забезпечує обертальний рух траверси, на якій закріплені катки. Під дією власної ваги катки тиснуть на шар глини, викликаючи її роздавлювання, подрібнення і деформацію. Одночасно з цим, в процесі кочення по дну чаші, відбувається перемішування маси по вертикалі та горизонталі, що сприяє гомогенізації сировини та рівномірному розподілу вологи.

Якщо у сировину додаються наповнювачі (шамот, пісок, техногенні відходи), бігуни забезпечують їх рівномірне включення в глиняну основу. Головна перевага цієї схеми — високий тиск та інтенсивне розтирання, що дозволяє досягати високого ступеня подрібнення без попереднього сушіння або дроблення. У результаті маса стає пластичною, щільною і придатною до подальшої обробки, наприклад — формування виробів на стрічкових пресах або шнекових екструдерах.

Модель МВ-500 розроблена з урахуванням інтенсивного режиму експлуатації та здатна працювати у безперервному або циклічному режимі при середніх і великих навантаженнях. Серед основних особливостей: знімні бронеплити на дні та стінках чаші — для зменшення зносу та легкості обслуговування; регулювання притискної сили катків — можливо зміною ваги або натягом; захисне огородження рухомих частин — для забезпечення вимог охорони праці; вентиляційні отвори або примусова витяжка — для зменшення рівня вологи та підвищення безпеки при роботі; система мащення підшипників — централізована або автоматична; можливість модернізації катків — у тому числі заміна профілю або матеріалу котка з метою покращення зчеплення з масою та зменшення зносу.

Переваги використання бігунів типу MB-500: працюють з вологою глиною без необхідності попереднього сушіння; забезпечують високий ступінь гомогенізації маси здатні обробляти великогрудкову сировину; простота конструкції, зручність обслуговування; можливість модернізації — в тому числі в межах цього дипломного проекту; надійність і довгий строк експлуатації при правильному догляді.

Бігуни мокрого помелу MB500 (рис. 3.1)



- 1 - Корпус; 2 – Муфта фрикційна; 3 - Редуктор; 4 - Кожух; 5 - Кришка; 6 - Каток; 7 - Ариматизатор; 8 - Чаша; 9 - Траверса; 10 - Лоток розгрузний;
11 - Стакан; 12 - Вал вертикальний;

Рисунок 3.1 – Бігуни мокрого помелу MB500

4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

4.1 Літературно-патентний огляд

У межах виконання дипломного проєкту було проведено аналіз п'яти патентів, що безпосередньо стосуються конструкції та вдосконалення бігунів мокрого помелу. Розглянуто патенти як вітчизняних, так і іноземних розробників. Подано детальну характеристику кожного з них із зазначенням суті технічного рішення, переваг та недоліків.

1. Патент UA 77355 — Бігуни [11]

Суть технічного рішення:

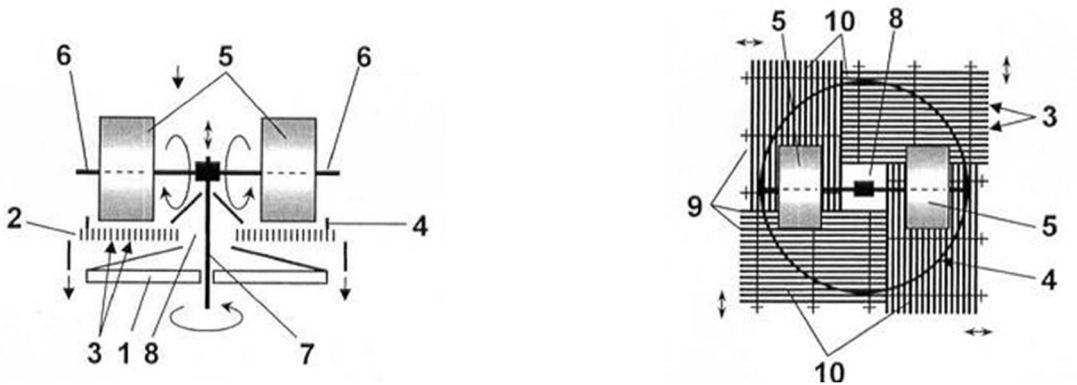
Конструкція чаші виконана з розбірних вертикальних пластин, які утворюють чотири окремі секції. Така будова полегшує технічне обслуговування та ремонт, а також дозволяє змінювати діаметр чаші за потреби.

Переваги конструкції:

- Зручність розбирання і складання секцій
- Можливість регулювання діаметру чаші без демонтажу всього вузла
- Простота обслуговування

Недоліки конструкції:

- Необхідність точного вирівнювання при складанні
- Можливе накопичення залишків глини у зазорах.



2. Патент UA 3941 — Бігуни з модернізованим катком [12]

Суть технічного рішення:

Описано каток зі змінним діаметром та рифленням для підвищення ефективності первинного подрібнення глини. Обертання валка паралельне до робочої поверхні, що сприяє рівномірному тиску та стабільній роботі.

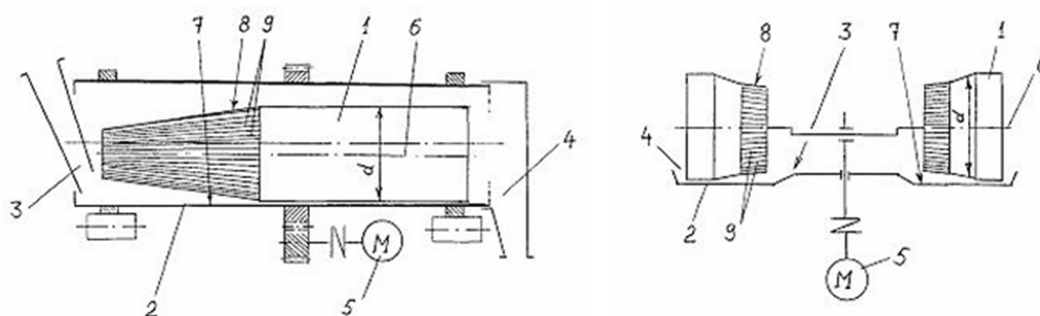
Переваги конструкції:

- Підвищена ефективність подрібнення великих фракцій
- Рівномірний розподіл навантаження
- Стабільна робота агрегату

Недоліки конструкції:

- Складність виготовлення змінного профілю

- Необхідність точного монтажу
- Зменшення зносу та вібрацій



3. Патент UA 75097 — Коток бігунів зі знімними вантажами

Суть технічного рішення:

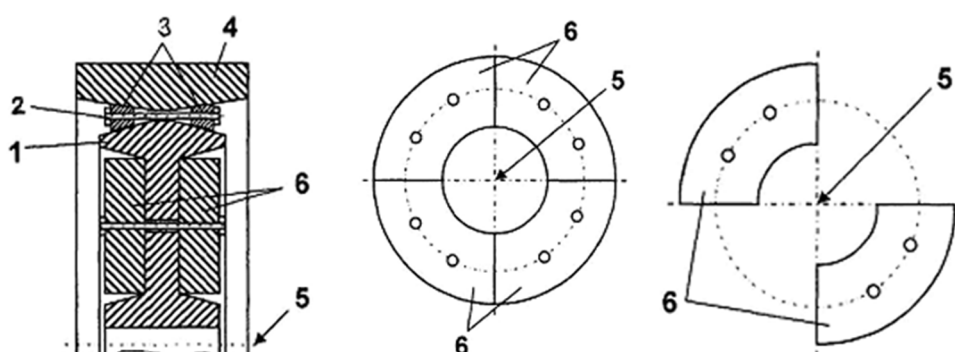
Каток обладнаний змінними вантажами, що дозволяє регулювати його масу. Це забезпечує налаштування сили подрібнення залежно від властивостей сировини.

Переваги конструкції:

- Гнучке регулювання сили подрібнення
- Зменшення зносу та вібрацій
- Покращення балансу і довговічності

Недоліки конструкції:

- Потреба в частому балансуванні вантажів
- Ускладнення конструкції осі котка



4. Патент CN 108295966 A — Wet Roller Mill with Shaft [13]

Суть технічного рішення:

У пристрої реалізовано конструкцію з вертикальним валом і жолобом для рівномірного розподілу тиску, що підвищує якість помелу. Передбачено ефективну систему відведення надлишкової рідини.

Переваги конструкції:

- Рівномірність подрібнення
- Енергоефективність
- Зниження навантаження на вузли

Недоліки конструкції:

- Складність в обслуговуванні жолобу
- Високі вимоги до точності складання

5. Патент CN 201183005 Y [14]

Суть технічного рішення:

Катки обертаються у горизонтальній площині, передбачено герметизовані кожухи і змінний натяг ременів. Це забезпечує стабільну подачу і обробку в'язкої сировини.

Переваги конструкції:

- Покращене ущільнення вузлів
- Можливість роботи з вологими масами
- Оптимізація передачі крутного моменту

Недоліки конструкції:

- Потреба у частому регулюванні натягу ременів

4.2 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення катків бігуна

Для виконання модернізації бігунів мокрого помелу типу МВ-500 в рамках дипломного проекту було проведено порівняльний патентний аналіз існуючих технічних рішень. За результатами огляду трьох вітчизняних патентів було обрано патент №3941, який найбільшою мірою відповідає цілям підвищення ефективності роботи обладнання, зокрема — оптимізації форми і принципу дії катків.

Основним конструктивним рішенням у цьому патенті є використання катка зі змінним діаметром та рифленням у зоні первинного завантаження, що дозволяє значно покращити ефективність руйнування великих грудок глини вже на ранніх етапах процесу. Особливо важливо, що валок має вісь обертання, паралельну до робочої поверхні, що забезпечує стабільну механіку обертання без перекосів і зменшує навантаження на вузли тертя.

На відміну від традиційних конструкцій катків, модернізоване рішення дозволяє регулювати зону максимального тиску, що є особливо актуальним для обробки сировини з нестабільною структурою чи вологістю. Запропонована форма також сприяє рівномірному розподілу зусиль по глибині глиняної маси, що покращує якість її гомогенізації та зменшує втрати матеріалу.

Патент №3941 має перевагу в простоті реалізації — більшість його компонентів можна інтегрувати в існуючу конструкцію бігунів без необхідності повної перебудови корпусу чи чаші.

Це дозволяє провести модернізацію швидко, з мінімальними витратами на адаптацію, що є ще одним аргументом на користь цього вибору.

Таким чином, вибір патенту №3941 як базового для модернізації бігунів МВ-500 дозволяє досягти збалансованого поєднання технологічної ефективності, економічної доцільності та конструктивної універсальності.

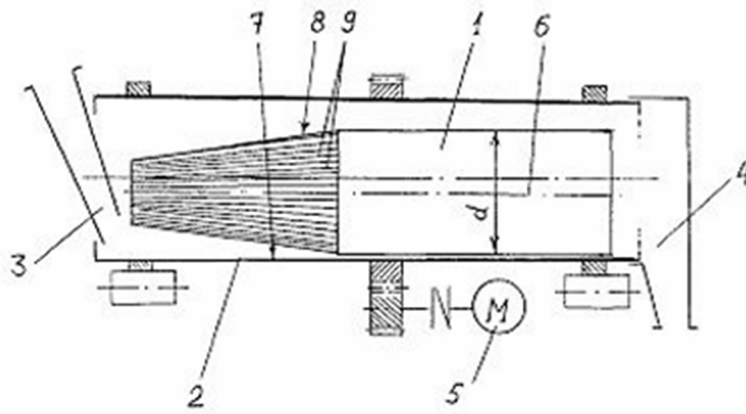
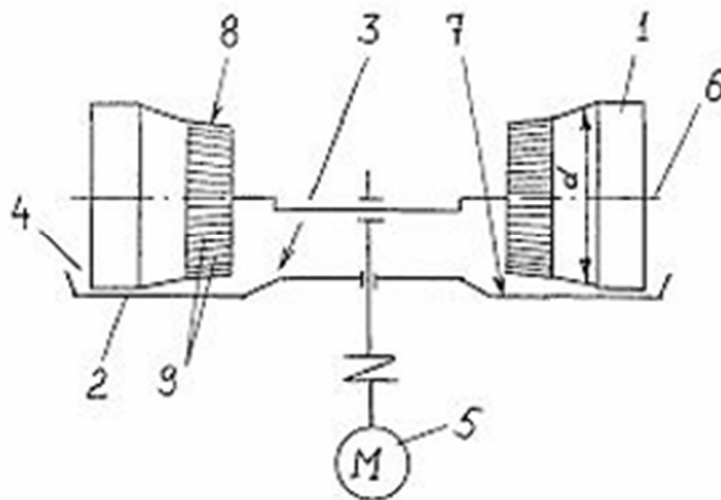


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд катка бігунів мокрого помелу



1 – рама; 2 – основа валка; 3 – зовнішня обойма; 4 – внутрішня частина валка; 5 – рифлена робоча поверхня; 6 – опорний підшипник; 7 – осьовий вал (вісь обертання); 7 – завантажувальний жолоб; 9 – фіксуючий болт;

Рисунок 4.2 – Поздовжній розріз катка з вказаними елементами конструкції

4.3 Обґрунтування вибору модернізації

У процесі розробки модернізації бігунів мокрого помелу типу МВ-500 було проаналізовано ряд патентних рішень, серед яких особливу увагу було приділено патенту №3941, який описує конструкцію катка зі змінним діаметром на обох його сторонах та спеціальною рифленою поверхнею у зоні завантаження. Саме це технічне рішення було обрано як впровадження модернізації у межах дипломного проекту.

Причиною вибору даного патенту стало те, що він забезпечує підвищення ефективності подрібнення цегляної сировини вже на початковому етапі технологічного циклу. Завдяки рифленій поверхні та змінному діаметру катка досягається ефективне дроблення великих грудок глини, що дозволяє зменшити навантаження на наступні стадії обробки та покращити рівномірність маси.

Окрім цього, конструкція, запропонована в патенті №3941, передбачає обертання катка паралельно до робочої поверхні, що сприяє зниженню вібрацій і покращенню стабільності роботи агрегату, також при розрахунках навантажень модернізована версія катка показує міцніші параметри на відміну від базового катка. Це має безпосередній вплив на довговічність обладнання та комфорт роботи обслуговуючого персоналу.

Ще однією суттєвою перевагою є можливість реалізації модернізації без суттєвих змін у конструкції корпусу бігуна. Заміна лише катка робить процес подрібнення менш витратним, швидшим у виконанні та зручнішим у виробничих умовах. Таким чином, вибір патенту №3941 як основи для модернізації є технічно обґрунтованим, міцнішим, економічно доцільним та практично реалізованим.

5 РОЗРАХУНКИ

5.1 Параметричні та кінематичні розрахунки бігунів мокрого помелу

Розрахунок параметричних та кінематичних параметрів бігунів мокрого помелу є необхідним етапом, оскільки саме ці параметри визначають ефективність подрібнення, рівномірність навантаження на цеглу та продуктивність агрегату загалом. Діаметр чаші, маса та ширина катків, відстань між осями й глибина робочої зони безпосередньо впливають на силу тиску та якість гомогенізації сировини.

Правильно підібрані геометричні розміри дозволяють уникнути перевантаження, зменшити знос елементів конструкції та забезпечити стабільну роботу бігуна. Крім того, від параметрів залежить обсяг оброблюваної маси за цикл, що прямо впливає на продуктивність обладнання. Саме тому точні розрахунки є основою для подальшої модернізації та оптимізації роботи бігунів.

Мета: визначення параметричних розмірів бігунів мокрого помелу

Середній розмір шматка матеріалу на вході D_p , м

$$D_p = \frac{D(1 - \cos \alpha)}{1 + \cos \alpha} = \frac{1,8 \cdot (1 - 0,707)}{1 + 0,707} = \frac{1,8 \cdot 0,293}{1,707} = 0,309 \text{ м}$$

де – $D = 1,8$ м – початковий розмір, $\alpha = 45^\circ$

Частота обертання бігуна n , об/с

$$n = \frac{98f}{\pi D(1 + P)} = \frac{98 \cdot 0,4}{\pi \cdot 1,8 \cdot (1 + 1300)} = \frac{39,2}{\pi \cdot 1,8 \cdot 1301} = \frac{39,2}{7354,9} = 0,258 \text{ об/с}$$

де – $f = 0,40$ – коефіцієнт тертя, $D = 1,8$ м – діаметр, $P = 1300$ Н – сила пресу

Кількість отворів, які перекриваються за один оберт К

$$K = \frac{3600\Pi}{\pi\rho P D n} = \frac{3600 \cdot 43000}{\pi \cdot 2000 \cdot 1300 \cdot 1,8 \cdot 0,258} = \frac{154800000}{2304692,7} = 40,83$$

де – $\Pi = 43$ т/год – продуктивність, $\rho = 2$ т/м³ – густина матеріалу, $P = 1300$ Н – сила, $D=1,8$ м – діаметр, $n = 0,258$ об/с – частота обертання.

Площа перетину потоку матеріалу F, м²

$$F = \pi(a^2 + 2ab + b^2) = \pi \cdot (0,012^2 + 2 \cdot 0,012 \cdot 0,04 + 0,04^2) = 3,14 \cdot (0,000144 + 0,00096 + 0,0016) = 3,14 \cdot 0,002704 = 0,00507 \text{ м}^2$$

де – $a = 12$ мм = 0,012 м, $b = 40$ мм = 0,04 м. Потужність, необхідна для помолу N, кВт

$$\begin{aligned} N &= \frac{2\pi n(mg + P)(fB + KD)}{D10^3\eta} \\ &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,258 \cdot (3050 \cdot 9,81 + 1300)(0,4 \cdot 0,6 + 40,83 \cdot 1,8)}{1,8 \cdot 10^3 \cdot 0,8} \\ &= 109,53 \text{ кВт} \end{aligned}$$

де – $n = 0,258$ об/с, $g = 9,81$ м/с², $P = 1300$ Н, $f = 0,40$, $B = 0,60$ м, $K = 40,83$, $D = 1,8$ м, $\eta = 0,8$.

Проміжний розрахунок маси m

$$m = \frac{2\pi DB\rho}{4} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,8 \cdot 0,6 \cdot 2000}{4} = \frac{6782,4}{4} = 3050 \text{ кг} = 3,05 \text{ т}$$

Маса бігунного котка M, т

$$M = \frac{\pi D^2 B \rho}{4} = \frac{3,14 \cdot 3,24 \cdot 0,6 \cdot 2000}{4} = \frac{12202,56}{4} = 3,05 \text{ т}$$

5.2 Кут захвату

Подрібнення куска матеріалу діаметром d у бігунах відбувається при умові, що коток діаметром D не зсує матеріал по чаші, а накопиться на ньому і роздавить кусок. При цьому на матеріал діють сила тиску P , сила тертя куска об каток P_f , сила матеріалу по чаші P_{1f} , реакція чаші на тиск матеріалу P_1 . Для того, щоб кусок був захоплений між катками і чашею необхідно, щоб сила $P \sin \alpha$ була меншою і в крайньому випадку рівною $fP \cos \alpha$ і fP_1 .

Кут захвату, згідно з формулою:

$$\alpha \leq 2 \cdot \arctg f = 2 \cdot \arctg 0,3 \approx 33^\circ 40',$$

де f – коефіцієнт тертя матеріалу об поверхню дроблення, $f = 0,3$.

Приймаємо $\alpha = 30^\circ$.

5.3 Відношення між діаметром котка бігунів та діаметром подрібненого матеріалу

Відношення між діаметром котка бігунів та середнім розміром матеріалу на вході:

$$\frac{D}{d} = \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \quad (1.2)$$

Середній розмір матеріалу на вході:

$$d = D \left(\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha} \right) = 1,8 \left(\frac{1 - \cos 30^\circ}{1 + \cos 30^\circ} \right) = 1,8 \left(\frac{1 - 0,87}{1 + 0,87} \right) = 0,125 \text{ м},$$

де D – діаметр котка, м.

5.4 Число обертів чаші бігунів

Для того, щоб кусок матеріалу під дією відцентрової сили не був скинутий за борти чаші, необхідно щоб сила тертя була більшою від відцентрової

$$(mf > I) \cdot mgf > m\omega^2 R,$$

де R_c – радіус кола кочення котків;

$$R_c = 2B; \quad \omega = 2\pi R_c n, \text{ м/сек.}$$

$$gf > 4\pi^2 n^2 2B; \quad n \leq \sqrt{\frac{gf}{8\pi^2 B}};$$

Частота обертання чаші бігунів:

$$n \leq \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{gf}{2D_K}} = \frac{1}{3,14} \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,3}{2 \cdot 1,65}} \approx 0,306 / \text{с},$$

D_K – середній діаметр кочення котків,

$$D_K = 3B = 0,55 \cdot 3 = 1,65 \text{ м},$$

де B – ширина котків, $B = 0,55 \text{ м}$.

Приймаємо $n = 0,306 / \text{с}$.

5.5 Розрахунок чаші бігунів

Діаметр чаші з формули продуктивності бігунів:

$$\Pi_p = 3,6 \cdot m \cdot D_q \cdot n, \quad (1.2)$$

де, m – маса котка :

$$m = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot B \cdot \rho_{\text{мет.}} = \frac{3,14 \cdot 1,8^2 \cdot 0,55 \cdot 7800}{4} = 10911,2 \text{ кг},$$

$\rho_{\text{мет.}}$ – об'ємна маса металу, з якого зроблені котки, $\rho_{\text{мет.}} = 7800 \text{ кг/м}^3$,

D_K – середній діаметр кочення котків,

$$D_k = 3B = 0,55 \cdot 3 = 1,65 \text{ м};$$

де B – ширина котків, $B = 0,55 \text{ м}$;

Кількість отворів, які перекриваються котками з формули продуктивності бігунів (отвір показаний на рисунку 4.1):

$$\Pi_p = 3600 n l F (K_1 + K_2) \cdot \rho,$$

$$K_1 + K_2 = \frac{\Pi_p}{3600 n l F \cdot \rho} = \frac{27}{3600 \cdot 0,30 \cdot 0,025 \cdot 1,034 \cdot 10^{-3} \cdot 1,8} = 537,29,$$

Потужність приводу двигуна витрачається на:

- подолання тертя катання котків по матеріалу;
- подолання тертя ковзання котків по матеріалу;
- на подолання тертя ковзання скребків по матеріалу;
- на втрати в приводі.

На рисунку 4.2 наведені сили, які діють на коток.

$$N_{\text{об}} = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta};$$

1. Витрати потужності на подолання тертя катання котків по матеріалу:

$$N_1 = P_K \cdot v \cdot i,$$

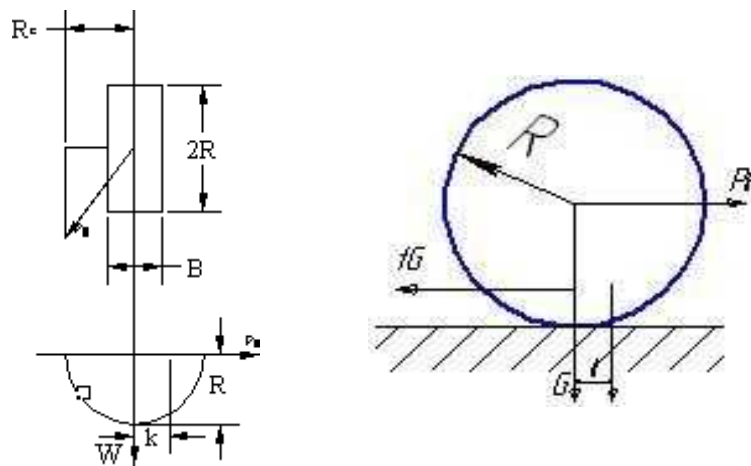


Рисунок 5.1 – Сили, які діють на каток

де P_K – сила тертя кочення:

$$P_K = \frac{\omega k}{R} = \frac{107038,87 \cdot 0,05}{0,9} = 5946,6 \text{ Н},$$

ω – відцентрова швидкість:

$$\omega = mg = 10911,2 \cdot 9,81 = 107038,87 \text{ м/с},$$

R – радіус котка: $R = \frac{D}{2} = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ м},$

v – швидкість переміщення центра чаші:

$$v = 2\pi R_c n = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,1 \cdot 0,3 = 2,07 \text{ м/с},$$

де R_c – радіус кола: $R_c = 2B = 2 \cdot 0,55 = 1,1 \text{ м}$,

i – кількість котків, $i=2$;

$$N_1 = \frac{mgk}{R} 2\pi 2Bn2 = \frac{8mgK\pi Bn}{R},$$
$$N_1 = \frac{8mgk\pi Bn}{R \cdot 1000} = \frac{8 \cdot 10911,2 \cdot 9,81 \cdot 0,05 \cdot 3,14 \cdot 0,55 \cdot 0,3}{0,9 \cdot 1000} = 24,65 \text{ кВт}.$$

2. Витрати потужності на подолання тертя ковзання котків по матеріалу:

$$N_2 = \frac{fmg\pi Bn}{1000} = \frac{0,30 \cdot 10911,2 \cdot 9,81 \cdot 3,14 \cdot 0,55 \cdot 0,3}{1000} = 16,64 \text{ кВт}.$$

3. Витрати потужності на подолання тертя ковзання шкребків по матеріалу:

$$N_3 = \frac{fP2\pi nR_c}{1000} = \frac{0,3 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 1,1}{1000} = 0,62 \text{ кВт}.$$

4. ККД приводу:

$$\eta = \eta_{\text{дв.}} \cdot \eta_{\text{ред.}} \cdot \eta_{\text{подш.}}^2 \cdot \eta_{\text{м.}} \cdot \eta_{\text{з.п.}} = 0,9 \cdot 0,97 \cdot 0,99^2 \cdot 0,98 \cdot 0,92 = 0,8;$$

де $\eta_{\text{дв.}}$ – коефіцієнт корисної дії двигуна;

$\eta_{\text{ред.}}$ – кпд редуктора конічної передачі;

$\eta_{\text{подш.}}$ – кпд підшипників привода;

$\eta_{\text{м.}}$ – кпд муфти;

$\eta_{\text{з.п.}}$ – кпд циліндричної зубчастої передачі.

Потужність приводу двигуна :

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} = \frac{24,65 + 16,64 + 0,62}{0,8} = 52,39 \text{ кВт}.$$

Вибираємо двигун серії потужністю $N=55 \text{ кВт}$, з частотою обертання $n=1500 \text{ об/хв}$.

5.6 Розрахунок конічної прямозубої передачі одноступінчатого редуктора

1. Матеріал для шестерні та колеса – легована сталь 40Х (поковка); термообробка – покращення (гартування з високим відпуском), твердість після термообробки: для шестерні HB₁280, для колеса HB₂250.

2. Допустиме контактне напруження :

$$[\sigma]_i = \sigma_{H \lim \beta} K_{HL} Z_R Z_V K_{KH} / S_H ,$$

де $\sigma_{H \lim \beta}$ – границя контактної міцності поверхонь зубів

При термічній обробці :

$$\sigma_{H \lim \beta} = 2HB + 70;$$

для шестерні :

$$\sigma_{H \lim \beta 1} = 2 \cdot 280 + 70 = 630 \text{ МПа};$$

для колеса:

$$\sigma_{H \lim \beta 2} = 2 \cdot 250 + 70 = 570 \text{ МПа};$$

K_{HL} – коефіцієнт довговічності, який враховує строк служби та режими напруження

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N}}$$

де N_{HO} – базове число циклів зміни напружень,

$$N_{HO} = 30 \text{ HB}^{2.4}, \quad (4.10)$$

для шестерні:

$$N_{HO1} = 30 \cdot 280^{2.4} = 224 \cdot 10^5 ,$$

для колеса:

$$N_{HO2} = 30 \cdot 250^{2.4} = 171 \cdot 10^5 ,$$

N_{HE} – еквівалентне число циклів зміни напружень,

$$N_{HE} = 60 \sum \left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^3 n_{ii} t_i ,$$

де T_i – крутячий момент, що передається,

$T_{\max}$ – максимальний крутний момент, який довго триває,

n_i – частота обертання,

t_i – довго тривалість дії моменту T_i :

для шестерні :

$$N_{HE1} = 60 \left[1 \cdot 0,7 + 1_3 \cdot 0,3 \right] \cdot 750 \cdot 15000 = 142 \cdot 10_6;$$

для колеса :

$$N_{HF2} = N_{HE1} / U = 142 \cdot 10_6 / 5 = 28,4 \cdot 10_6,$$

де U – значення передаточного числа, $U=5$,

$$\begin{array}{l} \text{так як } N_{HE1} > N_{HO1}, \quad 142 \cdot 10^6 > 224 \cdot 10^5; \\ N_{HE2} > N_{HO2}, \quad 28,4 \cdot 10^6 > 171 \cdot 10^5, \end{array} \quad \text{то}$$

$$K_{HL1}=K_{HL2}=1, \text{ а } \sigma_{Hlimb2} < \sigma_{Hlimb1},$$

$$570 \text{ МПа} < 630 \text{ МПа}.$$

Шорсткість поверхонь зубів відноситься до 5-го класу, то $Z_2=0,9$.

Приймаємо колову швидкість зубчастих коліс $V < 5 \text{ м/с}$; $Z_v=1$;

$K_{KH}=1$.

Для зубчастих коліс з однорідною структурою матеріалу:

$S_H=1,1$;

$$[\sigma]_{H1} = [\sigma]_{H2} = 570 \cdot 1 \cdot 0,09 \cdot 1 \cdot 1/1,1 = 466 \text{ МПа}.$$

де T_2 – крутний момент на колесі:

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{N}{n} = 9550 \cdot \frac{55}{1500} = 350 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

K'_{BH} – значення коефіцієнта, який враховує розподілення навантаження по ширині вінця, приймаємо $K'_{BH} = 1,1$;

K'_{HV} – значення коефіцієнта, який враховує динамічне навантаження в защемленні, приймаємо $K'_{HO} = 1,1$; _____

K_{be} – значення коефіцієнта ширини зубчастого вінця, який знаходимо за формулою:

$$K'_{be} = \frac{1.2}{(U + 0.6)} \leq 0,3,$$

$$K'_{be} = \frac{1.2}{(5 + 0.6)} \leq 0,21.$$

Приймаємо $K_{be}=0,3$.

$$d'_{e2} = 1014_3 \sqrt{\frac{350 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 5}{(1 - 0,3) \cdot 0,3 \cdot 466^2}} = 364,6 \text{ мм.}$$

4. Зовнішній кільцевий модуль:

$$m_e' = \frac{b}{10} = \frac{R_e K'_{be}}{10} = \frac{d'_{e2} K'_{be}}{(20 \sin d_2)}$$

$$\frac{d'_{e2} K'_{be} \sqrt{(U^2) + 1}}{(20 \times U)} = \frac{364,6 \times 0,9 \times \sqrt{5^2 + 1}}{(20 \times 5)} = 16,7 \text{ мм,}$$

Згідно ГОСТ 9563-60 приймаємо що : $m_e=17 \text{ мм.}$

5. Число зубів колеса:

$$Z'_2 = \frac{d'_{e2}}{m} = \frac{364,6}{17} = 21,5,$$

приймаємо $Z_2=25$.

6. Уточнюємо зовнішній діаметр колеса:

$$d_{e2} = m_e z_2 = 17 \times 25 = 425 \text{ мм.}$$

7. Число зубів шестерні:

$$Z'_1 = \frac{Z_2}{U} = \frac{25}{5} = 5.$$

8. Уточнюємо передаточне число редуктора:

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{25}{5} = 5.$$

9. Зовнішня конусна відстань:

$$Re = 0,5m \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} = 0,5 \times 17 \sqrt{25^2 + 5^2} = 216,7 \text{ мм.}$$

10. Ширина зубчастого вінця:

$$b' \leq Re R'_{be} \leq 216,7 \times 0,3 \leq 65,01 \text{ мм},$$

приймаємо $b = 65 \text{ мм}$.

11. Уточнюємо коефіцієнт ширини зубчастого вінця:

$$K_{be} = \frac{b}{R_e} = \frac{65}{216,7} = 0,299.$$

12. Середній модуль:

$$m = m_e (1 - 0,5 K_{be}) = 17 \times (1 - 0,5 \times 0,299) = 14,5 \text{ мм}.$$

13. Колова швидкість на середньому діаметрі:

$$v = \frac{pmz_1 n_1}{1000 \times 60} = \frac{3,14 \times 14,5 \times 5 \times 1000}{1000 \times 60} = 3,79 \text{ м / с};$$

Приймаємо 8-й ступінь точності виготовлення коліс.

14. Коефіцієнт ширини по середньому діаметрі шестерні:

$$y_d = \frac{UK_{be}}{(2 - K_{be})} = \frac{5 \times 0,299}{(2 - 0,299)} = 0,88.$$

15. Коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження в защемленні:

$$K_{HV_2} = 1,07.$$

16. Геометричні розміри колеса:

зовнішній діаметр: $de_2 = m_e z_2 = 5 \cdot 60 = 300 \text{ мм}$;

внутрішній діаметр вершин зубів:

$$dae_2 = de_2 + 2hae_2 \cos \delta_2 = 300 + 2 \cdot 17 \cdot \cos 78,7 = 306,66 \text{ мм}, \text{ де } hae_2 = m_e = 17 \text{ мм};$$

ширина зубчастого вінця : $b=65 \text{ мм}$;

відстань від вершини конуса до площини вершин зубів:

$$B_2 = 0.5de_1 - hae_2 \sin \delta_2 = 0,5 \cdot 60 - 4 \sin 78,7 = 26,0776 \text{ мм.}$$

17. Геометричні розміри шестерні:

зовнішня конусна відстань:

$$Re = 0,5m\sqrt{z_1^2 + z_2^2} = 0,5 \cdot 14,5 \sqrt{5^2 + 25^2} = 184,8 \text{ мм};$$

кут конуса:

$$\delta_1 = \arctg \left(\frac{Z_1}{Z_2} \right) = \arctg \left(\frac{5}{25} \right) = 11,3^\circ;$$

кут ноги зуба:

$$\theta f_1 = \arctg \left(\frac{h_{fe1}}{Re} \right) = \arctg \left(\frac{20,4}{184,8} \right) = 6,28^\circ,$$

де $h_{fe1} = 1,2m_e = 1,2 \cdot 17 = 20,4 \text{ мм}$ - зовнішня висота ніжки зуба;

кут головки зуба: $\theta a_1 = \theta f_2 = \theta f_1 = 6,28^\circ$;

кут конуса вершин зуба: $\delta a_1 = \delta_1 + \theta a_1 = 11,3 + 6,28 = 17,58^\circ$;

кут конуса впадин зуба: $\delta f_1 = \delta_1 - \theta f_1 = 11,3 - 6,28 = 5,02^\circ$;

зовнішній діаметр $de_1 = m_e z_1 = 17 \cdot 5 = 85 \text{ мм}$;

внутрішній діаметр вершин зубів:

$de_1 = de_1 + 2h_{ae} \cos \delta_1 = 85 + 2 \cdot 17 \cdot \cos 11,3 = 119,98 \text{ мм}$, де $h_{ae1} = m_e = 17 \text{ мм}$ -

внутрішня висота головки зуба;

Відстань від вершини конуса до площини вершини зубів:

$$B_1 = 0.5 \cdot de_2 - h_{ae1} \sin \delta_1 = 0,5 \cdot 300 - 17 \cdot \sin 11,3 = 146,67 \text{ мм.}$$

5.7 Розрахунок циліндричної прямозубої передачі

1. Матеріал для шестерні та колеса – Ст5 (поковка);

термообробка – нормалізація;

для шестерні:

$$\sigma_B = 570 \text{ МПа}; \sigma_T = 270 \text{ МПа}; HB_1 = 170;$$

для колеса:

$$\sigma_B = 570 \text{ МПа}; \sigma_T = 260 \text{ МПа}; HB_1 = 170;$$

1. Допустиме напруження згину для шестерні:

$$\sigma_F = \frac{\sigma_{F \lim}}{S_F} Y_S Y_R.$$

Знаходимо границю міцності зубів при згині:

$$s_{F \lim 1} = s_{F \lim b 1} K_{Fc} K_{Fl},$$

де границя міцності при згині:

$$s_{F \lim b 1} = 1,8 HB_1 = 1,8 \times 170 = 306 \text{ МПа};$$

K_{Fc} – коефіцієнт, який враховує вплив двостороннього прикладення навантаження, $K_{Fc} = 1,0$;

коефіцієнт довговічності:

$$K_{Fl 1} = \sqrt[m_F]{\frac{N_{F0}}{N_1}};$$

При $HB < 350$, $m_F = 6$,

N_{F0} – Базове число циклів зміни напружень, $N_{F0} = 4 \cdot 10^6$;

N_{FE1} – Еквівалентне число циклів зміни напружень,

$$N_{FE1} = N_{E1} = 60 \times 350 \times 7000 = 147 \times 10^3 ;$$

$$K_{Fl 1} = \sqrt[6]{\frac{4 \times 10^6}{147 \times 10^3}}.$$

$N_{FE1} = 147 \cdot 10^3 > N_{F0} = 4 \cdot 10^6$, тому приймаємо $K_{Fl 1} = 1,0$.

$$s_{F \lim 1} = 306 \times 1 \times 1 = 306 \text{ МПа};$$

Коефіцієнт безпеки: $S_F = S'_F S''_F = 1,75 \times 1,5 = 2,625$,

де, $S'_F = 1,75$; $S''_F = 1,75$; коефіцієнти $Y_S = 1,0$; $Y_R = 1,0$.

Допустима напруга згину для зуба шестерні:

$$[s_{F1}] = \frac{306}{2,625} \times 1,0 \times 1,0 = 116 \text{ МПа}.$$

3. Допустима напруга згину для зуба колеса:

$$[\sigma_{F\alpha}] = \frac{\sigma_{F\lim\alpha}}{S_F} Y_S Y_R.$$

Знаходимо границю міцності при згині:

$$s_{Flim2} = s_{Flimb2} K_{Fc} K_{FL2},$$

$$s_{Flimb2} = 1,8HB_2 = 1,8 \times 170 = 306 \text{ МПа};$$

K_{Fc} – коефіцієнт навантаження, $K_{Fc}=1,0$;

коефіцієнт довговічності:

$$K_{FL1} = \sqrt[m_F]{\frac{N_{F0}}{N1}};$$

При $HB < 350$, $m_F=6$;

базове число циклів зміни напружень: $N_{F0}=4 \cdot 10^6$.

Еквівалентне число циклів зміни напружень:

$$N_{FE2} = N_{E2} = 60h \frac{L}{2} = (60 \times 350 \times 7000) / 5 = 29 \times 10^6;$$

$$K_{FL2} = \sqrt[6]{\frac{4 \times 10^6}{29 \times 10^6}} = 0,7.$$

Границя міцності:

$$\sigma_{F\lim2} = 306 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 214 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт безпеки:

$$S_F = S'_F S''_F = 1,75 \times 1,5 = 2,625, \text{ де}$$

$S'_F = 1,75$; $S''_F = 1,75$; коефіцієнти $Y_s = 1,0$; $Y_R = 1,0$.

Допустима напруга згину для зуба шестерні:

$$[s_{F1}] = \frac{214}{2,625} \times 1,0 \times 1,0 = 82 \text{ МПа}.$$

4. Допустиме напруження згину при розрахунку на дію максимального навантаження для зуба шестерні:

$$[\sigma_{FM1}] = \frac{\sigma_{F\lim M1}}{S_{FM}} Y_S,$$

гранична напруга:

$$\sigma_{F\lim M1} = 4,8 HB_1 = 4,8 \cdot 170 = 816 \text{ МПа},$$

коефіцієнт безпеки:

$$S_{FM} = S'_{FM} S''_{FM} = 1,75 \cdot 1,5 = 2,625, \text{ де } S'_{FM} = 1,75; S''_{FM} = S''_F = 1,5,$$

коефіцієнт $Y_S=1$.

$$[\sigma_{FM1}] = \frac{816}{2,625} \cdot 1,0 = 311 \text{ МПа}.$$

Допустима напруга згину при розрахунку на дію максимального навантаження для зуба колеса $[\sigma_{FM2}] = [\sigma_{FM1}] = 311 \text{ МПа}$, так як колесо та шестерні виготовлені із одного і того ж самого матеріалу і мають однакову твердість зубів.

5. Допустима контактна напруга при розрахунку на дію максимального навантаження для зуба шестерні:

$$[\sigma_{HM1}] = 2,8 \sigma_T = 2,8 \cdot 270 = 756 \text{ МПа};$$

для зуба колеса:

$$[\sigma_{HM2}] = 2,8 \sigma_T = 2,8 \cdot 260 = 728 \text{ МПа}.$$

6. Модуль защемлення:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 T_{F1} K_{F\alpha} F_{F\beta} K_{Fv} \cos^2 \beta}{Z_1^2 \psi_d [\sigma_{F1}]} Y_{F1} Y_B},$$

$$\text{де } T_{F1} = 9550 \cdot 10^3 \frac{N_1}{n} = 9550 \cdot 10^3 \frac{5}{350} = 136 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм} -$$

крутний момент на шестерні;

$K_{F2}=1,0$ – коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження між зубами;

$\psi_{d\max} = 0,7$ – коефіцієнт ширини зубчастого вінця при консольному розміщення шестерні $\psi_d = (0,7 \dots 0,9) \psi_{d\max} = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49$, приймаємо $\psi_d = 0,5$;

$K_{FB}=1,35$ – коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження по ширині вінця.

Окружна швидкість колес:

$$v = 0,0125 \sqrt{N_1 n_1^2} = 0,0125 \sqrt{5 \cdot 350^2} = 1,0 \text{ м/с.}$$

При $v=1,0$ м/с ступінь точності передачі – 9-та.

$K_{FV}=1,013$ – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження.

Число зубів шестерні: $z_1=17$;

число зубів колеса: $z_2=z_1 \cdot U=17 \cdot 5=85$;

$Y_{F1}=4,25$; $Y_{F2}=3,6$ – коефіцієнти форми зуба для шестерні та колеса;

$Y_B=1$ – коефіцієнт, що враховує вплив нахилу зуба на напружений стан зубів прямозубих колес.

Визначаємо співвідношення: $Y_F / [\sigma_F]$.

Для зуба шестерні:

$$\frac{Y_{F1}}{[\sigma_{F1}]} = \frac{4,25}{116} = 0,0366;$$

для зуба колеса:

$$\frac{Y_{F1}}{[\sigma_{F1}]} = \frac{3,6}{82} = 0,044.$$

5.8 Розрахунок параметрів за допомогою C++

```
#include <iostream>
#include <cmath>

int main() {
    // Вхідні параметри
    const double g = 9.81;           // прискорення вільного падіння, м/с²
    const double mass = 10911.2;     // маса катка, кг
    const double B = 0.55;           // відстань між котками, м
    const double n = 0.3;            // частота обертання, об/с
    const double f = 0.3;            // коефіцієнт тертя
    const double efficiency = 0.8;   // ККД приводу
    const double Rc = 1.1;           // радіус кола, м
    const double P = 1300;           // сила, Н (наприклад, зусилля шкребка)

    // Потужність на подрібнення глини
    double N1 = (8 * mass * g * M_PI * B * n) / (0.9 * 1000);
    std::cout << "Потужність на подрібнення N1 = " << N1 << " кВт" <<
std::endl; // Потужність на подолання тертя котків
    double N2 = (f * mass * g * M_PI * B * n) / 1000;
    std::cout << "Потужність на тертя котків N2 = " << N2 << " кВт" <<
std::endl;

    // Потужність на подолання тертя шкребків
    double N3 = (f * P * 2 * M_PI * n * Rc) / 1000;
    std::cout << "Потужність на шкребки N3 = " << N3 << " кВт" << std::endl;
```

```

// Загальна потужність
double totalPower = (N1 + N2 + N3) / efficiency;
std::cout << "Загальна потужність бігуна з урахуванням ККД: " <<
totalPower << " кВт" << std::endl;

// Кутова швидкість
double omega = 2 * M_PI * n;
std::cout << "Кутова швидкість  $\omega$  = " << omega << " рад/с" << std::endl;

// Крутний момент
double torque = (totalPower * 1000) / (omega * efficiency);
std::cout << "Крутний момент T = " << torque << " Н·м" << std::endl;

```

```

Потужність на подрібнення N1 = 97.0056 кВт Потужність на тертя котків
N2 = 10.1673 кВт Потужність на шкребки N3 = 8.07867 кВт Загальна
потужність бігуна з урахуванням ККД: 143.189 кВт Кутова швидкість  $\omega$  =
1.88496 рад/с Крутний момент T = 94961.5 Н·м

```

5.9 РОЗРАХУНКИ БАЗОВОЇ МОДЕЛІ КАТКА БІГУНА

В даному розділі ми розглянули виконання розрахунків в програмі ANSYS. За основну деталь для розрахунку візьмемо базову 3Д модель бігуна мокрого помелу MB500

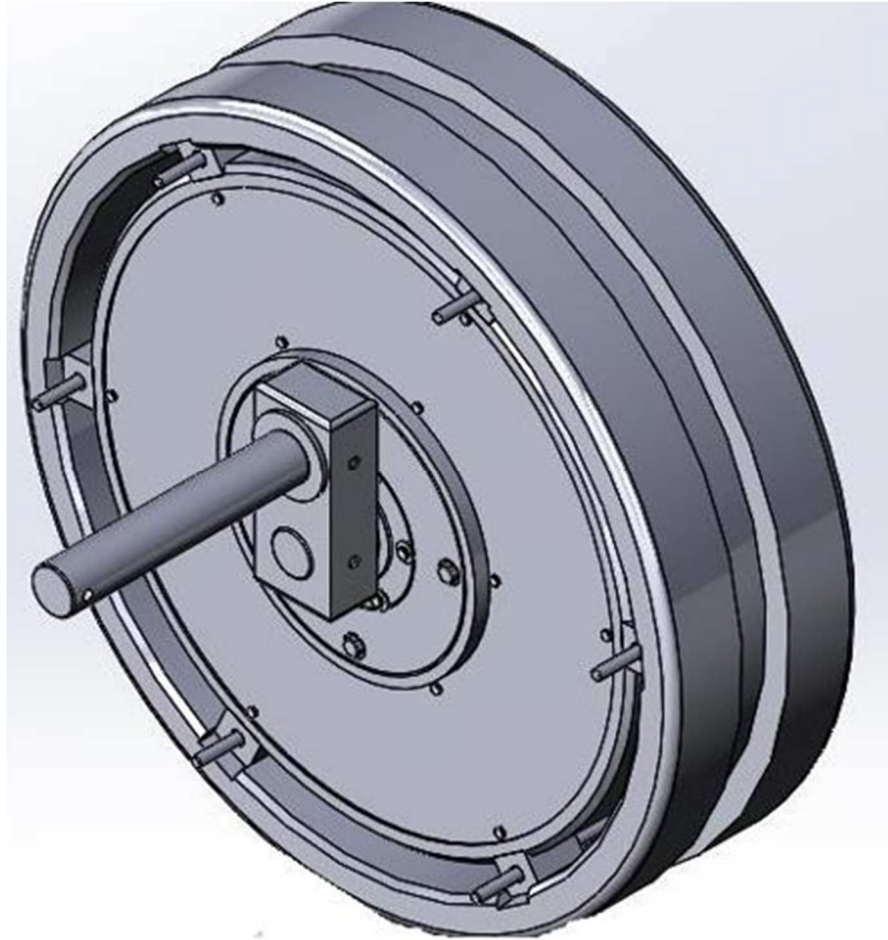


Рис. 7.5.1 – Каток бігуна у вигляді 3Д

1. Виконаємо розрахунок базової моделі катка

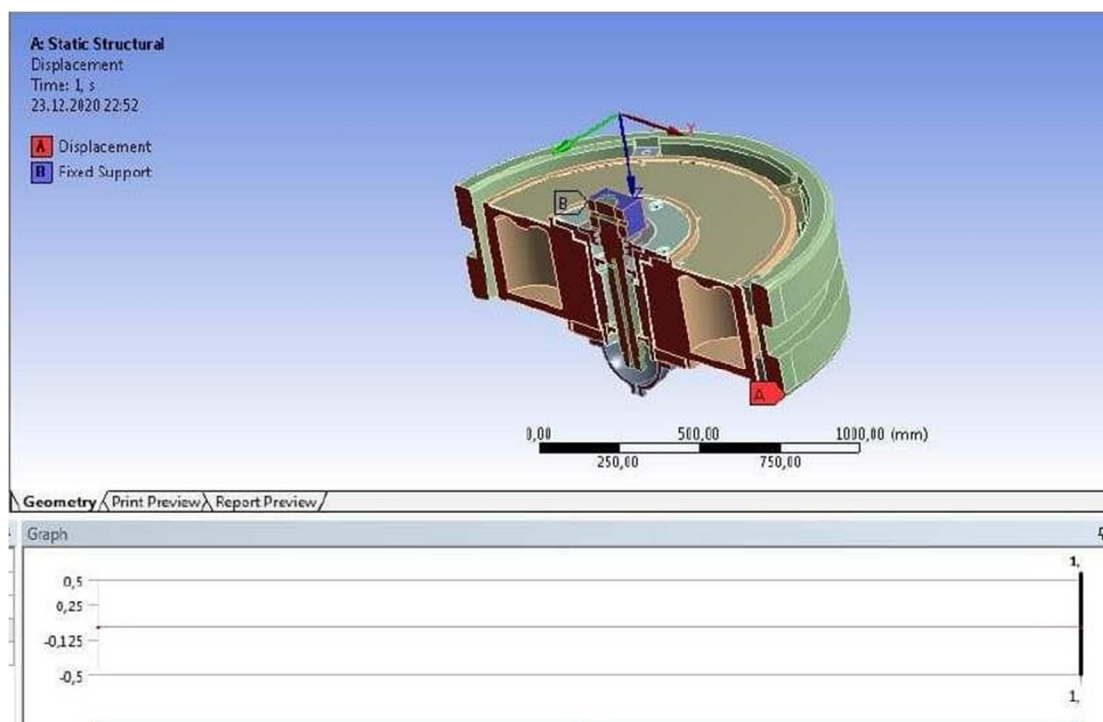


Рис 7.5.2 – Розрахунок моделі

2. Виміряємо напруження та деформацію катка під час його роботи

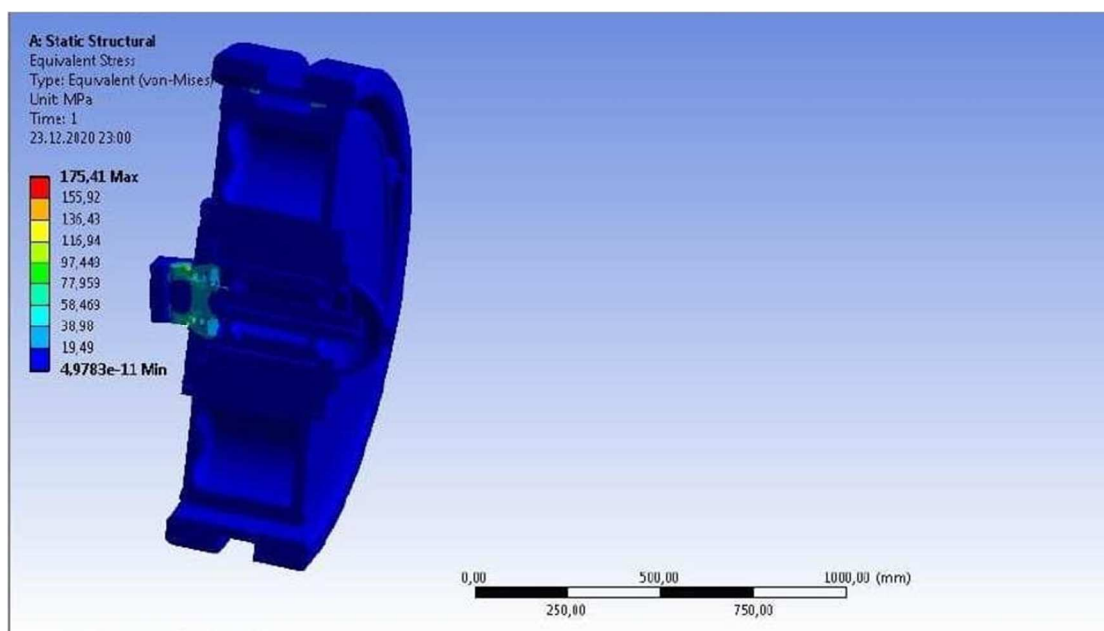


Рис 7.5.3 – Еквівалентне напруження

3. Після чого вимірюємо деформацію пружності катка під час роботи

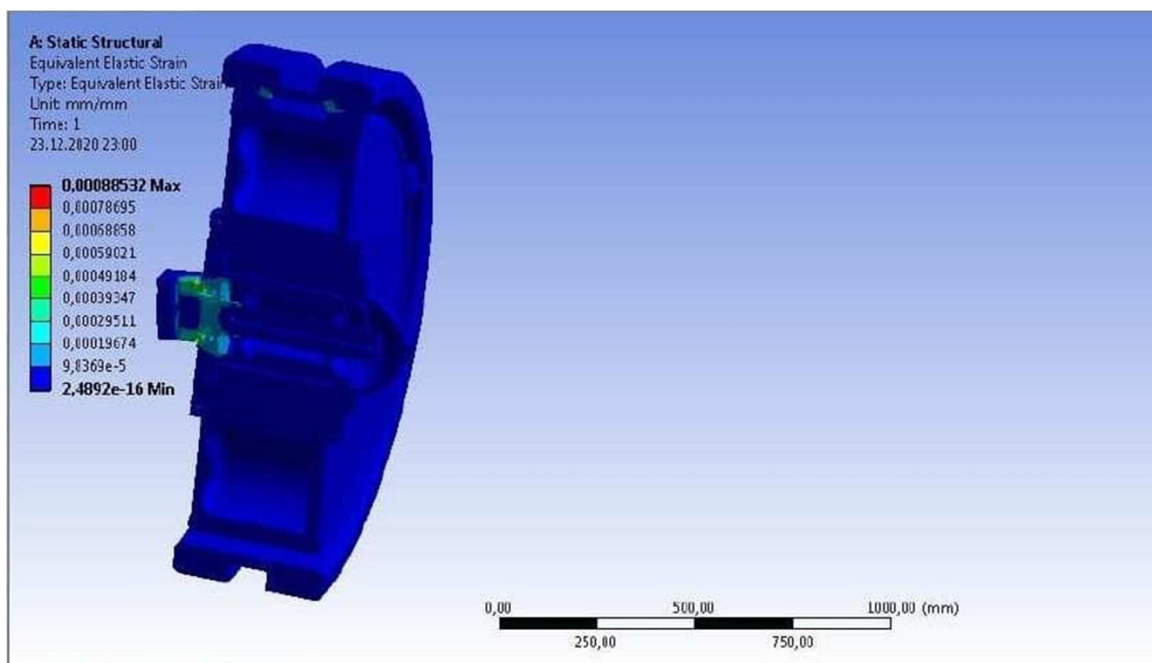


Рис 7.5.4 – Еквівалентна деформація пружності

4. Після усіх розрахунків на міцність, пружність та деформацію робимо критичні розрахунки базової моделі катка бігуна мокрого помелу MB500. На рисунку нижче показані усі кінцеві дані розрахунків

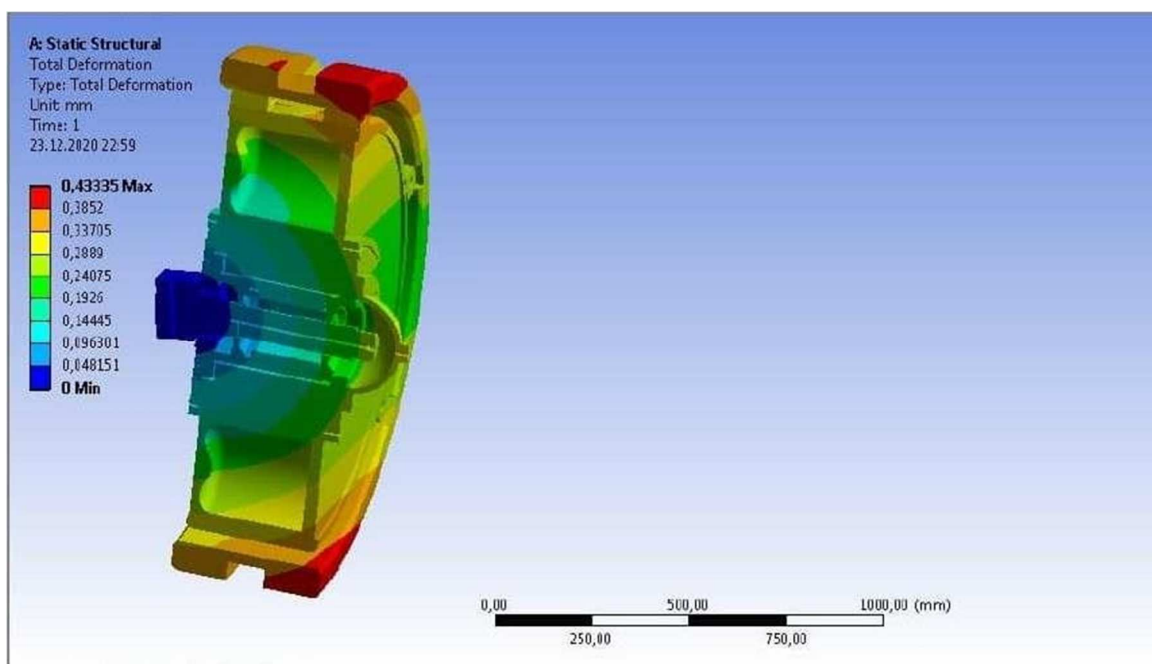


Рис 7.5.4 – Розрахунки критичної деформації

5.10 РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ

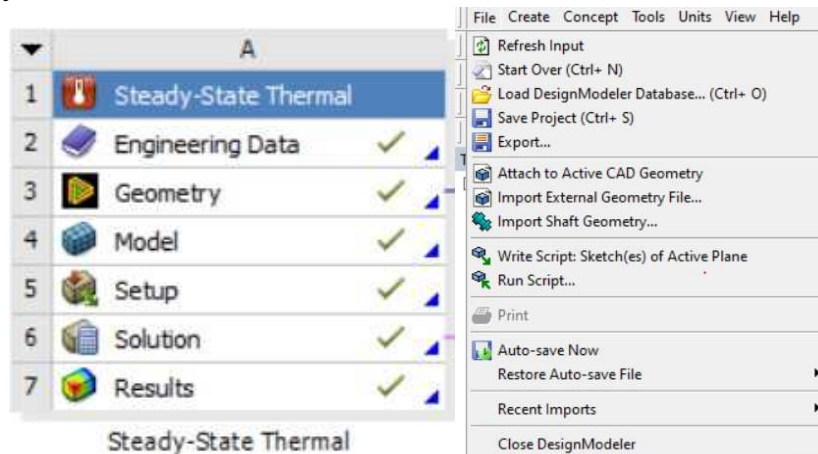
5.10.1 Розрахунки в ANSYS

Розрахунок в системі ANSYS напружено-деформованого стану модифікованого котка бігунів

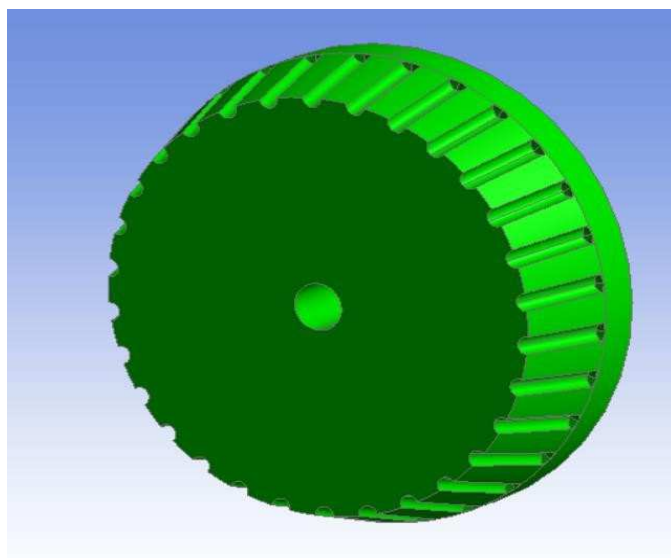
1. Перед початком розрахунків задаємо характеристики матеріалу конструкції – сталь 20 за ДСТУ 7806:2015. Задаємо межу міцності $\sigma_s = 120$ МПа, межу текучості $\sigma_t = 160$ МПа.

24	 Tensile Yield Strength	120	MPa			
25	 Compressive Yield Strength	160	MPa			
26	 Tensile Ultimate Strength	120	MPa			
27	 Compressive Ultimate Strength	160	MPa			

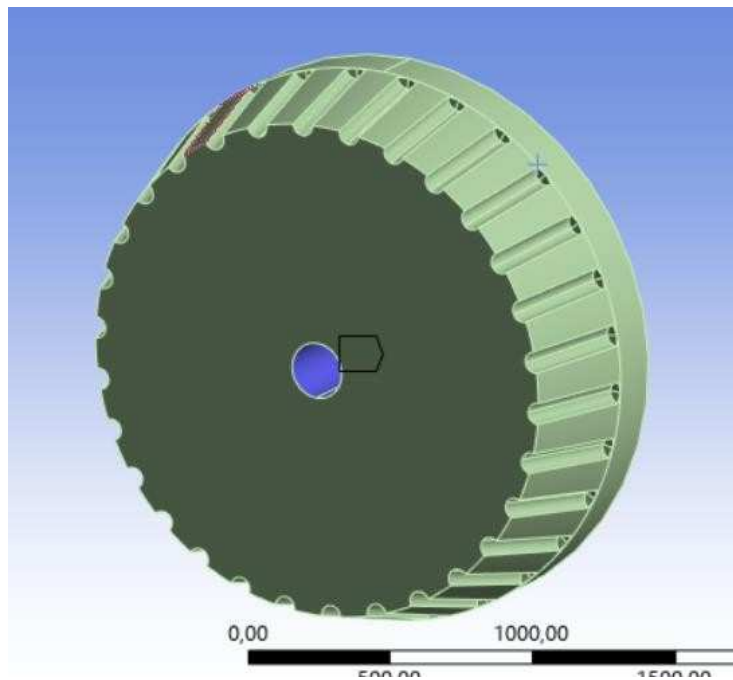
2. Створюємо новий Steady-State Thermal, переходимо у вікно Geometry та виконуємо Import External Geometry File (імпортуємо кришку).



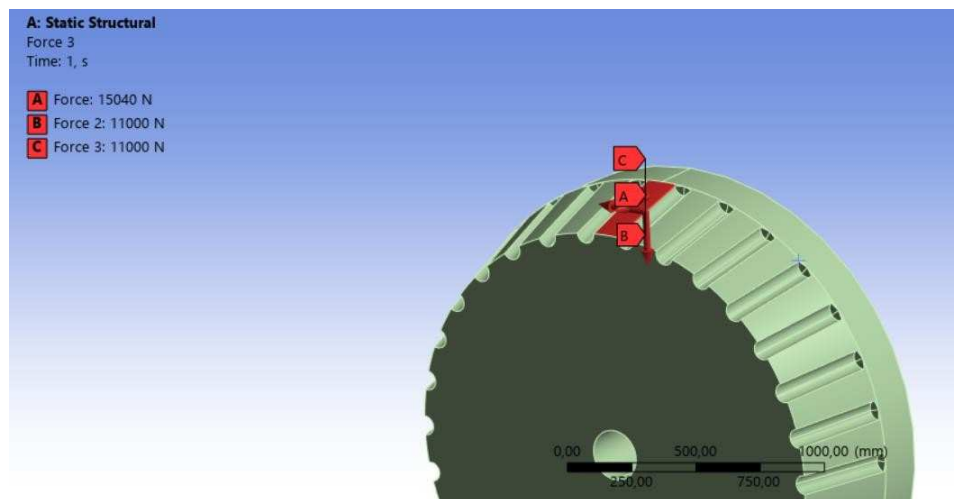
3. Отримаємо імпортовану модель:



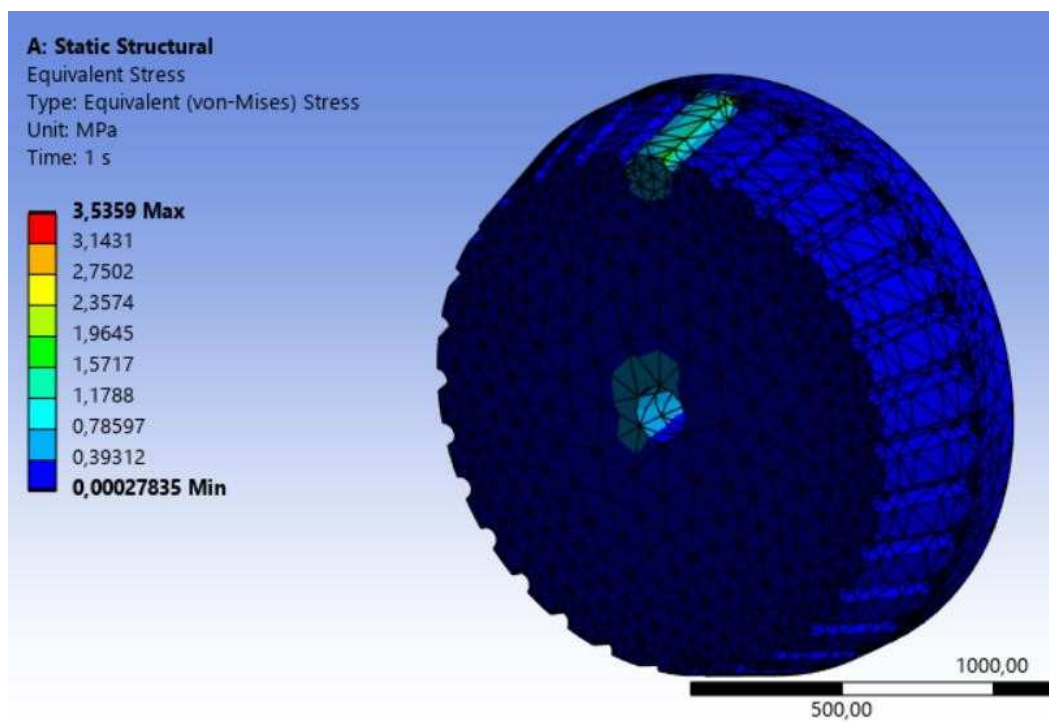
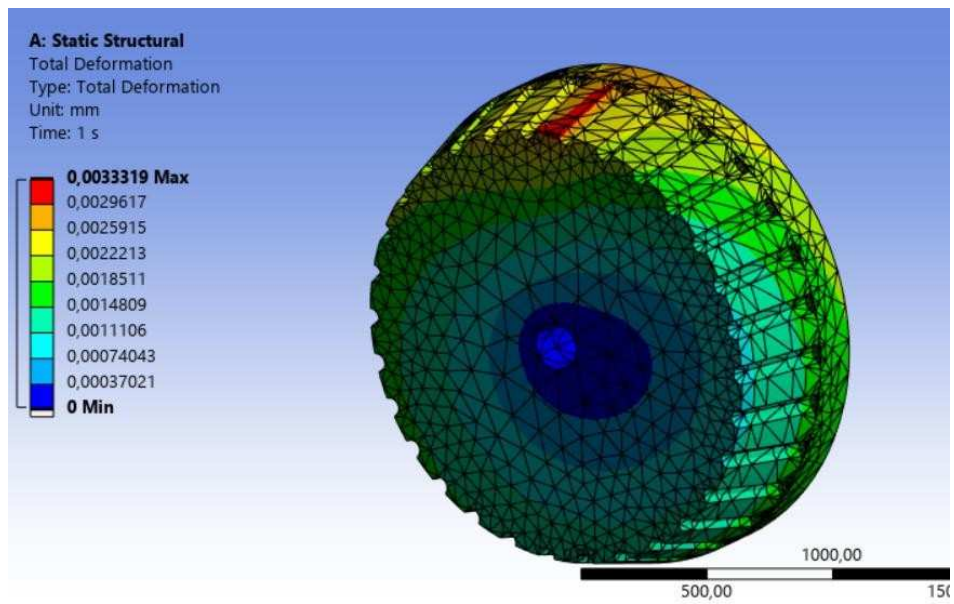
4. Проставляємо на моделі необхідне закріплення Fixed Support.



5. Проставляємо на конструкцію необхідні навантаження Force.



6. Обчислимо такі параметри як Total Deformation, Equivalent Stress та Safety Factor:

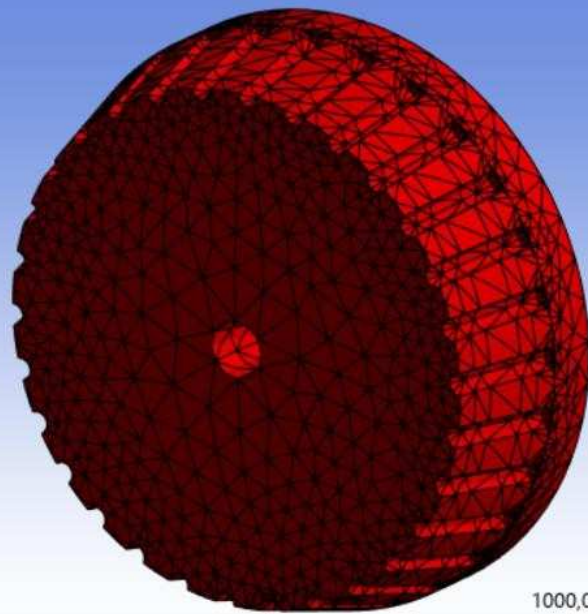
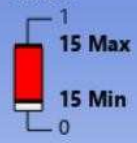


A: Static Structural

Safety Factor

Type: Safety Factor

Time: 1



1000,00

500,00

ВИСНОВКИ РОЗРАХУНКІВ

У процесі виконання дипломного проєкту було проведено порівняльний аналіз напружено-деформованого стану базової та модернізованої моделей катка бігунів мокрого помелу за допомогою програмного забезпечення ANSYS. Результати розрахунків дозволили оцінити ефективність модернізації конструкції катка з урахуванням прикладених силових навантажень.

Для базової моделі, згідно з результатами статичного аналізу (Static Structural), отримано такі значення:

- Еквівалентна пружна деформація вказує на наявність локальних ділянок концентрації напружень.

- Еквівалентне напруження — 175.41 МПа, що наближається до межі плинності матеріалу 160 МПа. У процесі аналізу напружено-деформованого стану базової та модернізованої конструкції катка бігунів мокрого помелу було виявлено, що у базовій моделі еквівалентне напруження сягало 175.41 МПа, що наближається до межі плинності обраного матеріалу. Для розрахунків прийнято сталь типу Ст3 з межею плинності 160 МПа, що допустимо в контексті оцінки жорсткості конструкції. У разі використання сталі 40Х запас міцності суттєво зростає, оскільки межа плинності для них становить 540 МПа відповідно.

- Загальна деформація — 0.4335 мм, що може викликати небажані зміщення та погіршення гомогенізації маси при помелі. Для модернізованої моделі, яка була досліджена в ANSYS, отримано значно кращі показники:

- Еквівалентне напруження: максимум лише 3.5359 МПа, що у понад 49 разів менше, ніж у базовій моделі за рахунок змйни форми катка та похилої ділянки, тобто рівень механічного навантаження критично знижено.

- Загальна деформація — 0.0033319 мм, що є в понад 130 разів менше, ніж у базовій моделі, свідчить про значне підвищення жорсткості та стабільності конструкції у локальній точці навантаження катка.

- Коефіцієнт запасу міцності на візуалізації вказано значення в межах до 15, що значно перевищує нормативні вимоги та забезпечує високий рівень надійності.

Порівняльний аналіз показав, що модернізована модель катка має істотно покращені показники міцності, жорсткості та експлуатаційної безпеки, що досягнуто за рахунок оптимізації геометрії, матеріалів та умов навантаження. Таке технічне рішення дозволяє:

- зменшити ризик руйнування та зношування в робочій зоні;
- зменшити витрати на обслуговування;
- підвищити довговічність та ефективність роботи бігунів у цілому.

Таким чином, модернізація катка згідно з обраною конструкцією виявилася повністю обґрунтованою та доцільною для впровадження у промислових умовах.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

У рамках бакалаврської дипломної роботи розробляється модернізація бігунів мокрого помелу — спеціалізованого обладнання, що використовується на підприємстві ТОВ «Керамейя» (м. Суми). Основна функція бігунів — тонке подрібнення і гомогенізація глинистої сировини для подальшого виготовлення керамічних будівельних матеріалів, таких як облицювальна цегла, фасадні термопанелі та елементи клінкерного декору.

Бігуни мокрого помелу складаються з важких катків, що обертаються по колу в чашоподібному металевому корпусі, забезпечуючи механічне розтирання глини з водою до стану пластичної маси. Саме цей етап відіграє критичну роль у забезпеченні якості кінцевої продукції, оскільки впливає на рівномірність маси, щільність та формовочні властивості. На заводі Керамейя приміщення під бігуни має площу близько 240 м², обладнане власною системою вентиляції, дренажу і каналізації. Відпрацьована вода після процесу помелу потрапляє до локальної очисної установки, де проходить механічну і фізико-хімічну фільтрацію. Після очищення вода повторно використовується у технологічному циклі, що відповідає екологічним стандартам та принципам сталого виробництва.

Виробничий цикл обслуговують два оператори, які здійснюють контроль за параметрами помелу (час, вологість, швидкість обертання катків) з допомогою пульта керування, розміщеного у безпосередній близькості до обладнання. Оператори проходять щорічне навчання та інструктажі з техніки безпеки.

Модернізація, що проектується в рамках цієї роботи, передбачає заміну катків бігунів на нову конструкцію з підвищеним ресурсом, зменшеним рівнем вібрації і спрощеним технічним обслуговуванням. Це дозволить підвищити безпеку робочого процесу, знизити навантаження на працівників, а також зменшити ймовірність нещасних випадків, пов'язаних із зношеними елементами устаткування.

6.1 Огляд потенційних загроз, що можуть виникнути на виробництві, та їх вплив на працівників

Процес мокрого помолу глини у бігунах супроводжується низкою небезпечних та шкідливих факторів, які потенційно можуть впливати на здоров'я персоналу. Визначимо основні загрози згідно ДСТУ ISO 45001:2019 та ДНАОП 0.00-1.28-10:

Всі працівники проходять обов'язковий інструктаж, медогляди, забезпечуються засобами індивідуального захисту (каска, навушники, захисні рукавиці, спецвзуття з металевим носком, протиковзке покриття).

6.2 Промислове освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28:2018, у виробничих приміщеннях повинно забезпечуватися достатнє комбіноване освітлення:

- Природне: бічне, через вікна на південній та західній стінах;
- Штучне: загальне та аварійне;
- Світильники: ЛПО46-2х36 Вт (люмінесцентні), розміщення рівномірне.

Розрахунок освітленості:

Площа приміщення $S = 240 \text{ м}^2$, кількість світильників $n = 40$, світловий потік одного світильника $F = 3350 \text{ лм}$:

$$E_{\text{еф}} = (n * F) / S = (40 * 3350) / 240 = 558.3 \text{ лк}$$

Мінімально допустима освітленість при роботі з механізмами — 150 лк.

Оскільки $E_{\text{еф}} > E_{\text{мін}}$, умови відповідають вимогам нормативів.

6.3 Електробезпека

На обладнанні бігунів передбачене контурне захисне заземлення з вертикальними електродами. Електроди — сталеві труби Ø40 мм, довжиною 2,5 м, заглиблення — 0,9 м.

Формули:

1. Опір одного електрода:

$$R_1 = (\rho / 2\pi l) * (\ln(2l/d) - 1)$$

де: $\rho = 300 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $l = 2.5 \text{ м}$, $d = 0.04 \text{ м}$

$$R_1 \approx (300 / (2 * 3.14 * 2.5)) * (\ln(125) - 1) \approx 38.5 \text{ Ом}$$

2. Кількість електродів:

Допустимий опір: $R_{\text{доп}} = 4 \text{ Ом}$

$$n = R_1 / (R_{\text{доп}} * \eta) = 38.5 / (4 * 0.6975) \approx 13.8 \rightarrow \text{беремо } 14 \text{ електродів.}$$

Система заземлення включає з'єднувальну смугу:

Опір з'єднувальної смуги визначається формулою:

$$R_{\text{смуги}} = (\rho / (\pi * b * z)) * (1 + (2 * \ln(a)))$$

де: $b = 0.04 \text{ м}$ (ширина смуги), $z = \text{довжина}$, $a = \text{відношення відстані між електродами до довжини електрода}$.

6.4 Характеристика виробництва по пожежній та вибухонебезпеці

Приміщення бігунів відноситься до категорії «В» по ДСТУ Б В.1.1-36:2016 — виробництво з горючими матеріалами та обладнанням, що може іскрити.

- Паливно-мастильні матеріали: солідол, мінеральне мастило — температура займання від 250 °С.
- Пил глини при висушуванні та очищенні — легкозаймистий у певних концентраціях.
- Джерела запалювання: коротке замикання, іскра з двигуна, перегрів корпусу.

Заходи протипожежного захисту:

- Захисне заземлення, справне УЗО;
- Пожежні сповіщувачі на кожному виході;
- Стаціонарні спринклери САМ-9, спрацьовують при 72 °С;
- Вогнегасники ОП-10 — кожні 20 м;
- Пожежні гідранти — з рукавами довжиною 10 м;
- Зони для куріння — поза межами виробничої будівлі.

Параметри евакуації:

- Кількість евакуаційних виходів: 2
- Відстань до найближчого виходу: не більше 25 м
- Ширина дверей: 1,2 м
- Освітлення знаків виходу: автономне, світлодіодне
- Евакуаційне освітлення: резервне, працює при зникненні напруги
- Розміщення плану евакуації: на входних дверях цеху

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту на тему «Бігуни мокрого помелу з модернізацією катків» було розглянуто призначення, будову та принцип дії бігунів, які використовуються на підприємстві ТОВ «Керамейя» (м. Суми) для механічного подрібнення вологих глинистих матеріалів з метою подальшого виготовлення будівельної кераміки.

У ході проектування проведено аналіз технічних характеристик бігунів типу МВ-500, виявлено ключові недоліки їхньої експлуатації, серед яких: нерівномірне навантаження на робочу масу, підвищена вібрація, надмірне зношування катків та ускладнене технічне обслуговування. На основі аналізу виконано літературно-патентний пошук та обрано патент № 3941, положення якого було використано як основу для розробки конструктивної модернізації.

Розроблена модернізована конструкція катків передбачає покращення умов контакту з оброблюваною глиною, зменшення зношуваності, рівномірний розподіл тиску по площі чаші, а також спрощення обслуговування. Удосконалена форма катків дозволяє зменшити енерговитрати при роботі, покращити якість гомогенізації маси та знизити частоту зупинок на технічне обслуговування.

У розділі «Охорона праці» було виявлено потенційно небезпечні та шкідливі фактори, пов'язані з експлуатацією бігунів мокрого помелу. Зокрема, йдеться про ризики травмування, підвищений рівень шуму, наявність глинистого пилу, ризик перегріву обладнання та можливість коротких замикань у разі пошкодження електроізоляції.

На основі аналізу умов праці було запропоновано комплекс заходів з охорони праці: оснащення приміщення вентиляцією, системами заземлення та протипожежного захисту, використання ЗІЗ, навчання персоналу та організація контролю параметрів роботи бігунів.

Таким чином, запропонована у дипломному проекті модернізація катків бігунів мокрого помелу MB-500 є ефективним технічним рішенням, що підвищує продуктивність обладнання, покращує умови праці персоналу, зменшує навантаження на катки та збільшує їх міцність.

Рис. 7.1 – Креслення деталі Стакан

7.2 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Деталь виготовлена зі Сталь 40Х ГОСТ 1577-81. Сталь 40Х - це вуглецева конструкційна сталь, яка має високу міцність та відмінну оброблюваність. Вона зазвичай використовується для виробництва деталей, які вимагають високої міцності та витривалості. Сталь 40Х може бути використана для виготовлення компонентів у машинобудуванні, автомобільній промисловості та інших сферах, де потрібні деталі, що працюють при великих навантаженнях та мають високі вимоги до міцності та тривалості.

7.3 Метод отримання заготовки

За матеріалом, сталь 40Х ГОСТ 1577-81, визначаємо метод отримання заготовки. Сталь 40Х зазвичай отримують методом ковки або прокату. Ковка полягає у формуванні виробів шляхом обробки розплавленого металу у відповідній формі, використовуючи механічний тиск або удар. Прокат — це метод формування металевих виробів шляхом прокатування нагрітої заготовки через валкові стани або преси. Виробництво деталей зі сталі 40Х може здійснюватися різними технологіями, включаючи ковку та прокат.

7.4 План оброблення елементарних поверхонь деталі

ТАБЛИЦЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МАРШРУТІВ ОБРОБЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТАРНИХ
ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ «Стакан»

№	Характеристики якості		Технологічний маршрут оброблення ЕП (можливі варіанти)	Характеристики якості	
	Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості		Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості
1	2	3	4	5	6
Циліндрична поверхня Ø120	h14	12,5	1.Обточування чорнове	14	12,5
Циліндрична поверхня Ø85	h14	2,5	1.Обточування чорнове	14	2,5
Циліндрична поверхня Ø80	H7	1,6	1.Обточування чорнове	12	6,3
			2.Обточування напівчистове	9	2,5
			3.Обточування чистове	7	1,6
Циліндрична поверхня Ø60	H14	12,5	1. Обточування чорнове	14	12,5
Циліндрична поверхня Ø50	H14	12,5	1. Обточування чорнове	14	12,5
Циліндрична поверхня Ø40	H7	1,6	1. Обточування чорнове	12	6,3
			2. Обточування напівчистове	9	2,5
			3.Обточування чистове	7	1,6
Циліндрична поверхня Ø5	H14	12,5	1.Обточування чорнове	14	12,5

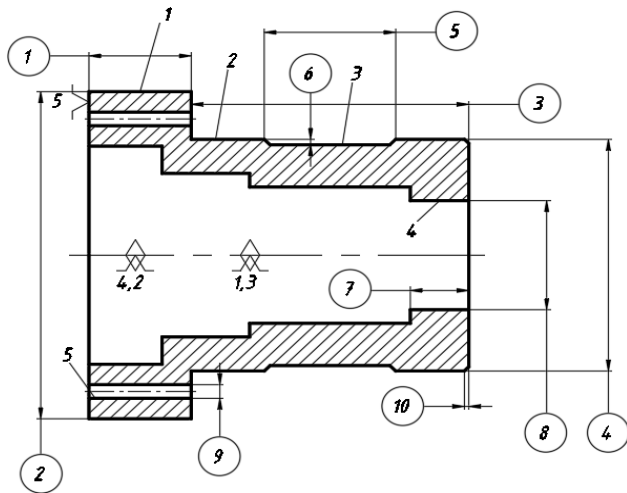
Таблиця 3.1 - Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі «Стакан»

7.5 Технологічний процес виготовлення деталі «Стакан»

Етап 1

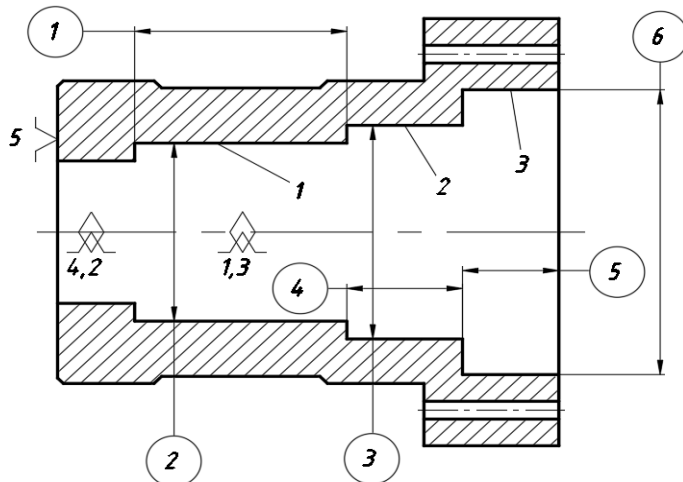
Токарна з ЧПК

Обточування чорнове



1. Установити та закріпити заготовку.
2. Точити циліндричну поверхню 1 дотримуючись розмірів 1,2.
3. Точити циліндричну поверхню 2 з утворенням канавки 3 та фасок дотримуючись розмірів 3,6,5,4,10.
4. Точити поверхню отвору 4 дотримуючись розмірів 8,7.
5. Точити поверхню отвору 5 дотримуючись розмірів 9,1.
6. Зняти заготованку.

Перебазовуємо на іншу сторону.



7. Установити та закріпити заготовку.

8. Точити циліндричну поверхню 1 дотримуючись розмірів 1,2.

9. Точити циліндричну поверхню 2 з утворенням канавки 3 та фасок дотримуючись розмірів 3,6,5,4,10.

10. Точити поверхню отвору 4 дотримуючись розмірів 8,7.

11. Точити поверхню отвору 5 дотримуючись розмірів 9,1.

12. Зняти заготованку.

Перебазовуємо на іншу сторону.

1. Установити та закріпити заготовку.

2. Точити циліндричну поверхню 3 дотримуючись розмірів 5,6.

3. Точити циліндричну поверхню 2 дотримуючись розмірів 4,3.

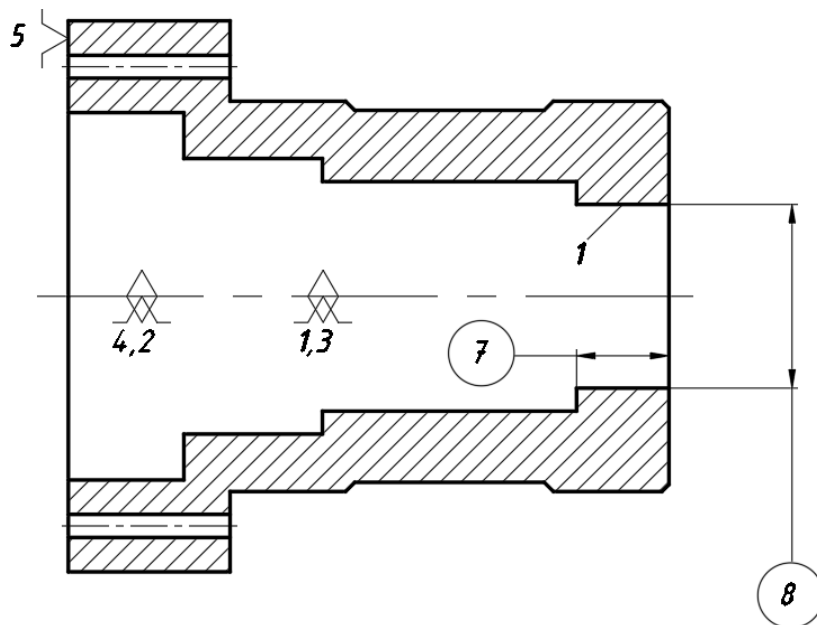
4. Точити циліндричну поверхню 1 дотримуючись розмірів 1,2.

5. Зняти заготованку.

Етап 2

Токарна з ЧПК

Обточування напівчистове



1. Установити та закріпити заготовку.

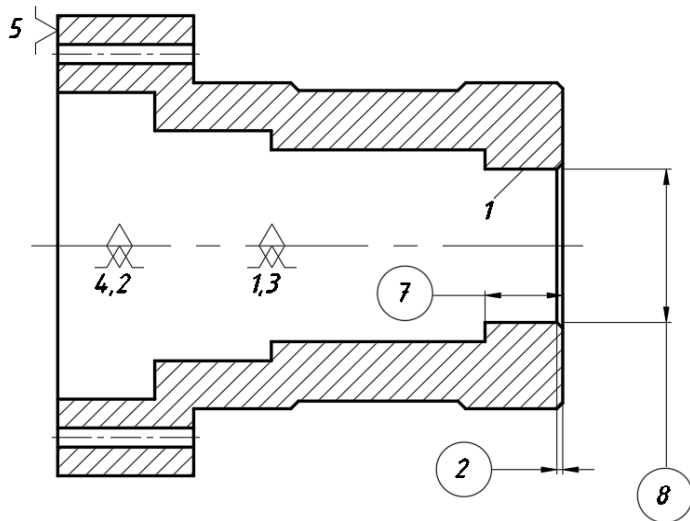
2. Точити циліндричну поверхню 1 дотримуючись розмірів 7,8.

3. Зняти заготованку.

Етап 3

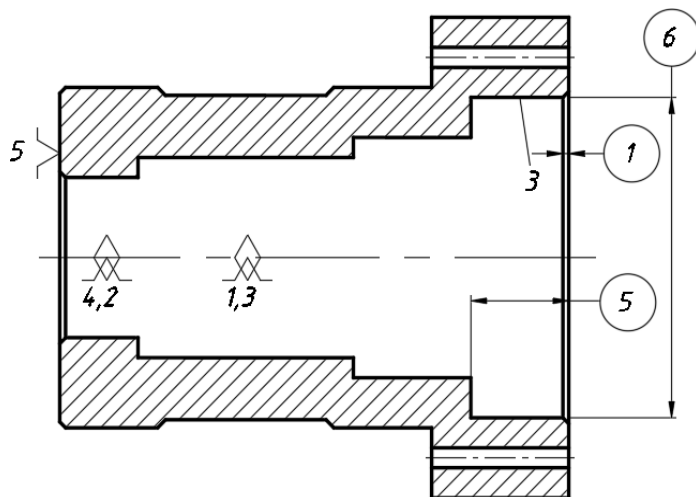
Токарна з ЧПК

Обточування чистове



1. Установити та закріпити заготовку.
2. Точити циліндричну поверхню 1 з утворенням фаски дотримуючись розмірів 7,8,2.
3. Зняти заготованку.

Перебазовуємо на іншу сторону.



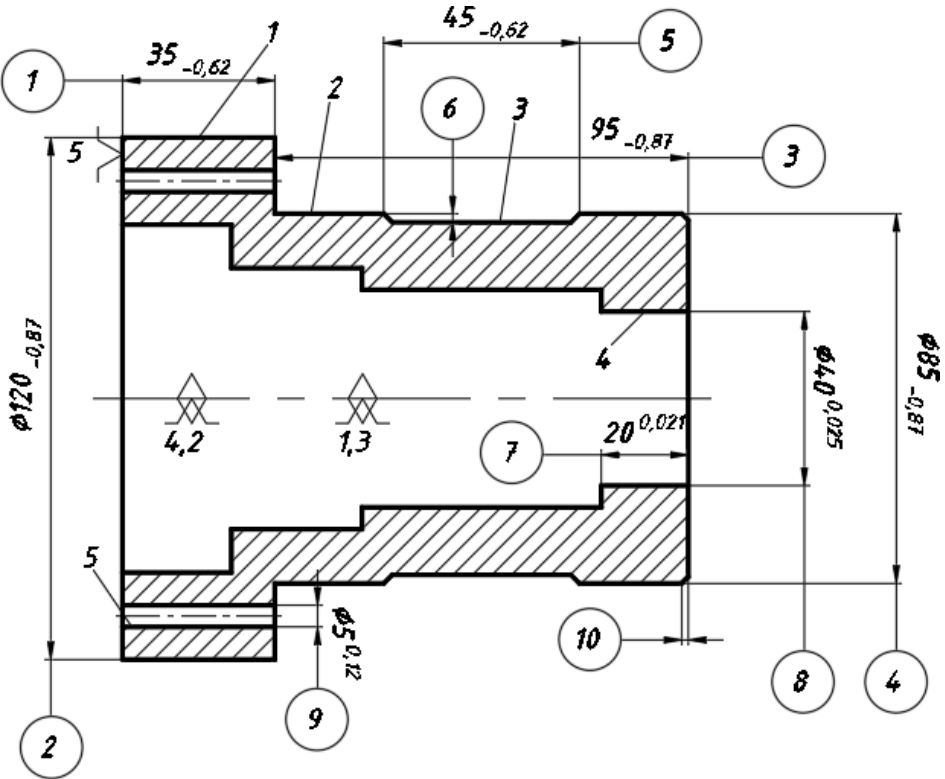
4. Установити та закріпити заготовку.
5. Точити циліндричну поверхню 3 з утворенням фаски дотримуючись розмірів 5,6,1.
6. Зняти заготованку.

										ГОСТ 3.1118 – 82					Формат					
Дубл.										Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Взам.																				
Подп.																				
МАРШРУТНА КАРТА															КП.ТМ.ЛП-12.003.001					
Розробив	Ткачук Г. О..					НТУУ «КП» ІХФ, ЛП-12			КП.ТМ.ЛП-12.003.001											
Перевірів	Борщик С. О.																			
Утв.					Стакан										1	1				
Н. контр.																				
M01	Ковка Сталь 40Х ГОСТ 1577-81																			
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	Ким	Код заготовки			Профиль и размеры			КД	МЗ						
	4,283			10	1,5	1,3	КП.ТМ.ЛП-12.002.001.002			175х130			1	5,55						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					См.	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.					
A03	01	01	01	005	Токарна з ЧПК															
B04	041600	Вертикально-фрезерний обробляючий центр ЧПК HAAS VF-1					2	3		1	1	100	1	18	1,2328					
05																				
A 06	01	01	01	010	Токарна з ЧПК															
B 07	041600	Вертикально-фрезерний обробляючий центр ЧПК HAAS VF-1					2	3		1	1	100	1							
08																				
A 09	01	01	01	015	Токарна з ЧПК															
B 10	041600	Вертикально-фрезерний обробляючий центр ЧПК HAAS VF-1					2	3		1	1	100	1							
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
МК																				

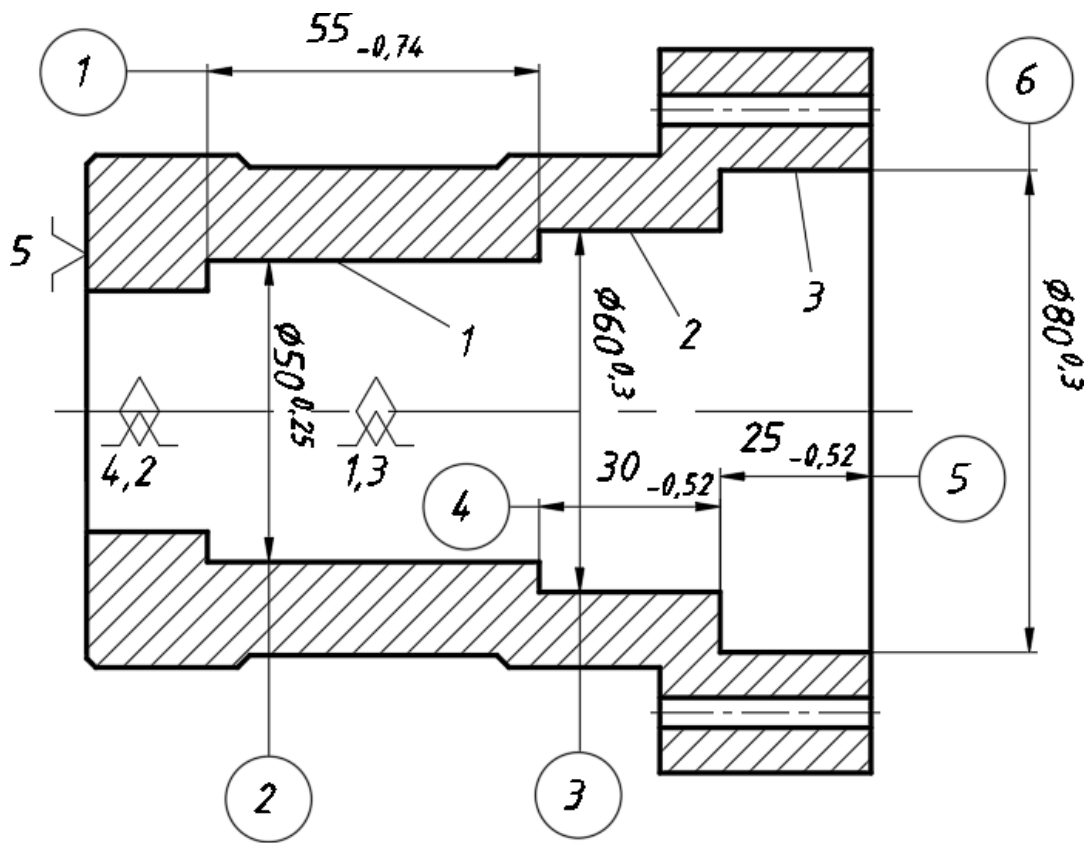
[illegible]

[illegible]

ГОСТ 3.1406 – 86										Форма 3			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Ткачук Г. О..			НТТУ «КП», ІХФ, ЛП-12	КП.ТМ.ЛП-12,003.003								
Перевірів	Борицький С. О.												
Утв.				Стакан							1	2	005
Н. контр.													



										ГОСТ 3.1406 – 86				Форма 3	
Дубл.															
Взам.															
Подп.															
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Ткачук Г. О.			НТТУ «КП», ИХФ, ЛП- 12	КП.ТМ.ЛП-12,003.003										
Проверил	Борищук С. О.														
Утв.					Стакан							2	2	005	
Н. контр.															



ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ

Опис конструкції і принципу роботи

Для обробки деталі типу «стакан» зі сталі 40Х застосовується токарна обробка, яка забезпечує отримання точної циліндричної форми, обробку внутрішньої та зовнішньої поверхонь, а також обробку торців і посадочних елементів. Токарна обробка є основним методом формування геометрії деталі, оскільки дозволяє досягти високої точності та чистоти поверхонь відповідно до технічних вимог.

Для надійної фіксації заготовки під час токарних операцій обирається трикулачковий самоустановлювальний патрон, що забезпечує централізоване захоплення круглих та циліндричних деталей. Такий патрон є універсальним і широко застосовується для обробки деталей типу тіл обертання.

Трикулачковий самоустановлювальний патрон складається з наступних основних елементів:

Корпус патрона — основна частина, в якій закріплені всі інші елементи;

Кулачки (зазвичай три) — деталі, які переміщуються одночасно і рівномірно для захоплення заготовки;

Диск з конічними пазами — відповідає за одночасне переміщення кулачків при обертанні ключа;

Шестерня (або черв'як) — передає рух від ключа до диска;

Ключ патрона — ручний інструмент для затягування/послаблення кулачків.

Принцип дії патрона полягає в синхронному переміщенні трьох кулачків до центру або від нього, що дозволяє точно центрувати заготовку при затисканні. Під час токарної обробки на заготовку та ріжучий інструмент діють такі основні зусилля:

1. Головне (різальне) зусилля (P_z) — діє в напрямку подачі інструмента, забезпечує знімання стружки.
2. Поперечне зусилля (P_y) — діє перпендикулярно до різальної поверхні інструмента, впливає на жорсткість процесу.
3. Радіальне зусилля (P_x) — діє в напрямку до осі обертання, викликає деформації і вібрації, впливає на точність обробки.

Для зменшення негативного впливу цих зусиль використовуються: правильно підібрані режими різання (швидкість, подача, глибина різання), жорстке кріплення деталі в патроні, належний стан ріжучого інструмента.

Трикулачковий патрон для токарного верстата (рис. 6)

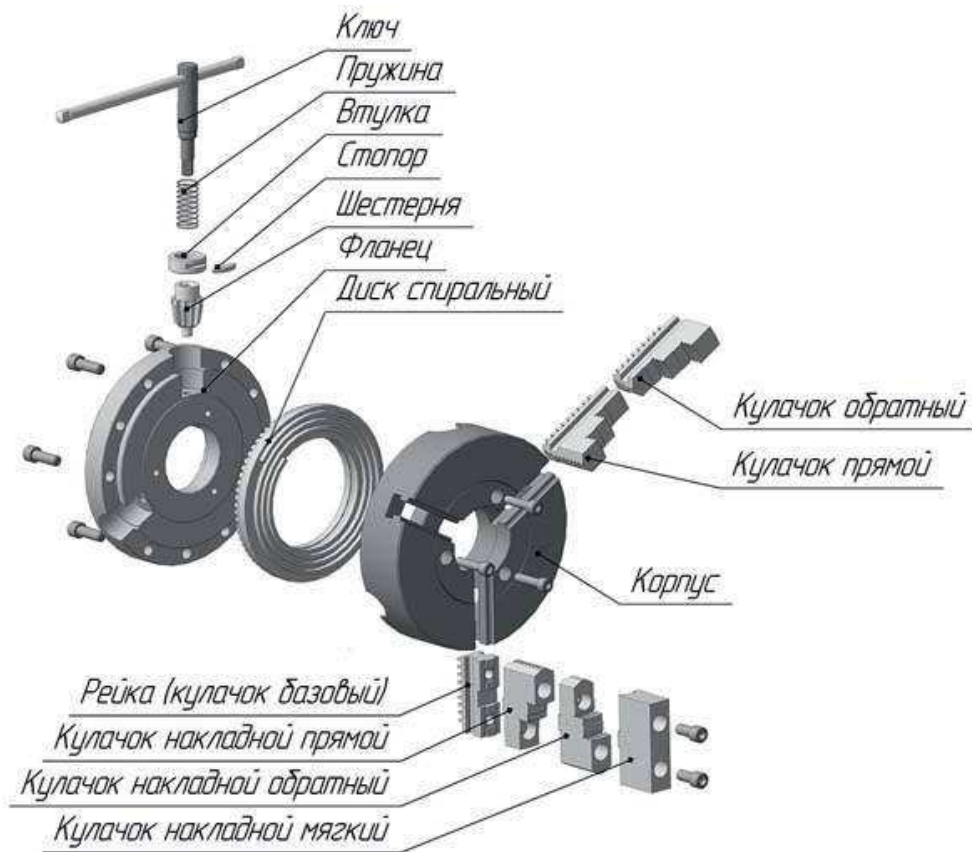


Рис. 7.2 - Трикулачковий патрон для токарного верстата

ВИСНОВКИ

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення стакану зі сталі 40Х було виконано наступне:

- розглянуто службове призначення деталі «стакан», її конструктивні особливості та вимоги до точності і шорсткості поверхонь;
- проаналізовано технологічність конструкції стакану, визначено поверхні, що обробляються, та обґрунтовано вибір вихідної заготовки;
- обрано метод виготовлення заготовки у вигляді прокату круглої форми, що відповідає вимогам до розмірів і складу сталі;
- розроблено технологічний маршрут обробки деталі на токарному верстаті з використанням 3-кулачкового патрона для базування і закріплення заготовки;
- складено ескізи заготовки та обробленої деталі, на основі яких заповнено маршрутну карту і операційні карти з повним описом режимів різання, інструменту та переходів;
- підібрано необхідне різальне і вимірювальне оснащення, з урахуванням матеріалу заготовки (сталь 40Х) та конструктивних особливостей деталі;

Таким чином, спроектований технологічний процес виготовлення стакану є раціональним, безпечним і економічно доцільним для одиничного та дрібносерійного виробництва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврського дипломного проекту на тему «Бігуни мокрого помелу з модернізацією катків» було розроблено технічне рішення, що дозволяє підвищити ефективність та надійність процесу подрібнення глинистої сировини при виробництві будівельної кераміки. В результаті виконано повний цикл інженерного опрацювання: від аналізу об'єкта дослідження та літературно-патентного огляду до проектування модернізованого вузла бігуна, виконання розрахунків та технологічного маршруту виготовлення деталі.

Проаналізовано принцип дії та конструкцію бігунів мокрого помелу моделі MB500, вивчено технічні характеристики та особливості експлуатації обладнання на підприємстві, що дозволило виявити основні недоліки існуючої конструкції катків. Було обґрунтовано доцільність модернізації катка з метою покращення ефективності подрібнення, зменшення навантаження на вузли тертя та зниження енерговитрат. У результаті проведеного патентного пошуку обрано патент №3941 як найбільш доцільну базу для впровадження змін у конструкцію катка.

У рамках модернізації спроектовано нову конструкцію катка зі змінним профілем, що дозволяє ефективніше руйнувати великогрудкову глину вже на стадії завантаження, а також забезпечує рівномірний розподіл тиску по всій робочій поверхні. Це підвищує ступінь гомогенізації сировини та зменшує знос вузлів.

У розділі охорони праці виконано аналіз потенційних небезпек під час експлуатації бігунів, розраховано освітленість, систему заземлення та визначено категорію пожежної небезпеки приміщення. Надано рекомендації щодо організації безпечного робочого середовища згідно з вимогами ДСТУ та чинних нормативів.

У розділі технології машинобудування було розроблено маршрут виготовлення деталі «стакан» — одного з конструктивних елементів катка, підібрано відповідне оснащення та обладнання, складено технологічну карту з урахуванням вимог до точності та жорсткості обробки.

Отже, дипломний проект реалізував поставлену мету — підвищення ефективності роботи бігунів мокрого помелу типу МВ-500 шляхом удосконалення конструкції катків, з урахуванням технічних, економічних та безпекових факторів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сівко В.І. Обладнання підприємств промислових будівельних матеріалів і виробів: Підручник / В.І. Сівко, В.А. Поляченко. – К.: ТОВ «АВЕГА», 2004.
2. Мікульонок І. О. Механічні та гідромеханічні процеси, апарати і машини хімічної технології : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.
3. Щербина В.Ю., Сівецький В.І., Гондлях О.В. Механічні процеси і обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів. Підготовка сировинних матеріалів і устаткування для змішування та формування [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 131с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/4573>
4. ДНАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електроустановок споживачів».
5. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
6. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Наказ Мінпаливенерго України №258 від 25.07.2006.
7. ДСТУ EN 61140:2017 «Захист від ураження електричним струмом. Загальні вимоги щодо безпеки електроустановок».
8. СНиП 2.09.02-85 «Планування та забудова промислових підприємств» (в частині евакуації).
9. Щербина В.Ю., Гондлях О.В., Сівецький В.І. Іжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Механічне обладнання для виробництва в'язучих будівельних матеріалів [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 147 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45720>
10. Патент UA 77355 — Бігуни [11]
Винахідник(и): Мікульонок Ігор Олегович (UA), Олейниченко Тимофій Вікторович (UA)

11. Патент UA 3941 — Бігуни з модернізованим катком [12]

Винахідник(и): Мікульонок Ігор Олегович НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

12. Патент UA 75097 — Коток бігунів зі знімними вантажами [13]

Винахідник(и): Мікульонок Ігор Олегович (UA), Олейниченко
Тимофій Вікторович (UA), Тихонов Сергій Миколайович (UA)

13. Патент CN 108295966 A — Wet Roller Mill with Shaft [14]

<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/676185/>

14. Патент CN 201183005 Y - БІГУНИ МОКРОГО ПОМЕЛУ [15]

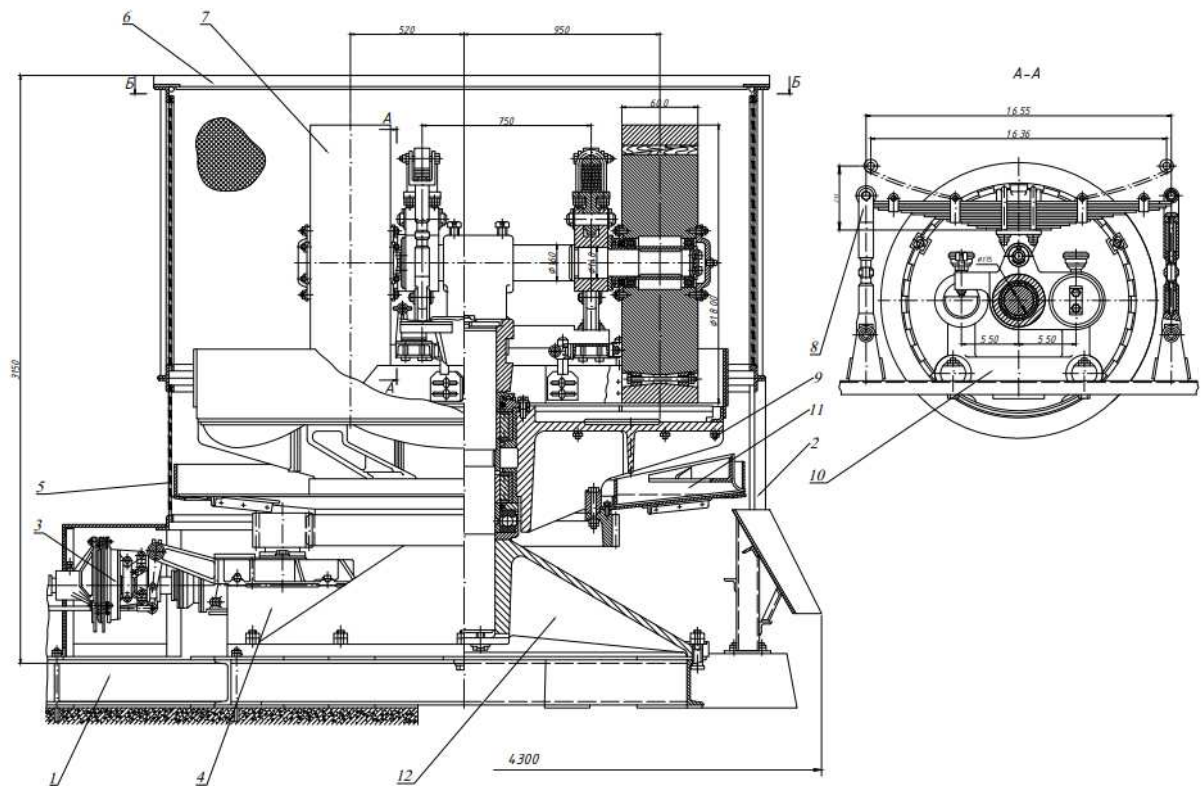
[https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/062847581/publication/
CN201183005Y?q=wet%20roller%20mill%20with%20shaft](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/062847581/publication/CN201183005Y?q=wet%20roller%20mill%20with%20shaft)

15. Shvachko D.G., Shcherbina V. Yu., & Borshchik S. A. (2021). Thermal
protection insulation in the lining of the rotary kilns. Modern engineering and
innovative technologies. (16-01), 18–23. [https://doi.org/
10.30890/2567-5273.2021-16-01-033](https://doi.org/10.30890/2567-5273.2021-16-01-033)

Додатки

№	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1.	БІГУНИ	Патент №77355 (UA) Винахідники: Мікульонок І.О., Олейниченко Т.В.	Суть: Нерухому чашу бігунів виконано з вертикальних пластин, розташованих з зазором, зібраних у чотири розбірні секції. Це забезпечує можливість швидкого ремонту та регулювання розміру чаші без повного демонтажу. Ціль: Підвищення ремонтпридатності та адаптивності конструкції чаші бігунів до умов експлуатації.
2.	БІГУНИ	Патент №3941 (UA) Винахідник: Мікульонок І.О.	Суть: Конструкція передбачає валок змінного діаметра з рифлями в зоні завантаження. Вісь обертання валка паралельна робочій поверхні, що забезпечує ефективне руйнування великих грудок глини в початковій зоні. Ціль: Покращення ефективності початкового дроблення сировини на етапі завантаження в бігуни.
3.	КАТОК БІГУНІВ	Патент №75097 (UA) Винахідники: Мікульонок І.О., Олейниченко Т.В., Тихонов С.М.	Суть: Коток має знімний обід і знімні вантажі, що дає змогу регулювати масу котка та, відповідно, зусилля подрібнення. Вантажі закріплюються симетрично для забезпечення балансу. Ціль: Забезпечення регулювання сили подрібнення за рахунок змінної маси котка та підвищення стабільності роботи агрегату.

4.	БІГУНИ МОКРОГО ПОМЕЛУ	Патент CN108295966A Винахідники: Сюй Сінь, Лю Янь, Ху Жень, Лю Фенцзе	Суть: Запропонована конструкція бігуна мокрого помелу, в якій основа, рама, робоча чаша та катки з'єднані через вертикальний вал. Катки обертаються за допомогою поворотного вала, що проходить крізь центровий отвір чаші. Привідна система забезпечує стабільне обертання вала, знижуючи втрати енергії. Особливістю є наявність внутрішнього кругового жолоба для збирання надлишкової рідини та рівномірного розподілу тиску по всій площі чаші. Ціль: Забезпечити більш рівномірне та ефективне подрібнення глини з мінімальними енергетичними втратами, а також покращити надійність зливної та привідної систем.
5.	БІГУНИ МОКРОГО ПОМЕЛУ	Патент CN201183005Y Винахідник: Чжан Юнчень	Суть: Корисна модель описує вологий бігун з горизонтальною валковою системою, встановленою на одній рамі. Основною відмінністю є інтеграція ущільнюючих кожухів навколо осей обертання для захисту від попадання глинистого шламу, а також розділення вхідного та вихідного потоку сировини в чаші, що дозволяє оптимізувати послідовність помелу. Передбачена наявність змінного механізму натягу привідного ремня. Ціль: Підвищити ефективність герметизації та оптимізувати подачу сировини в процесі помелу для зменшення зносу і втрат енергії.



[illegible]