

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра	Інжинірингу з галузевого машинобудування
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Форма навчання	Заочна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКЛАВРА

Ніколаєнко Владислав Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Модернізація змішувача гомогенізатора Шламового цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва теми)

за матеріалами

Шламового цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник к.т.н., доцент

(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Пополов Д. В.

(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 14 червня 2025 р № 14

Завідувач кафедри



(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступень, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти _____ Перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування» _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ПІМ _____


(підпис)

проф., д.т.н., Засельський В. Й.
(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 14 »

квітня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)

Ніколаєнко Владислав Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

Модернізація змішувача гомогенізатора Шламового цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Пополов Д. В., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» квітня 2025 р. № 243-ст

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри 07.06.2025

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра

Умови виробництва Шламового цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика змішувача гомогенізатора, інформація про недоліки конструкції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина;

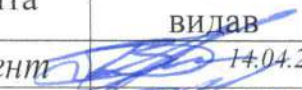





4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва

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

1 аркуш формату А2 кресленик загального виду; змішувач гомогенізатор; 1 аркуш формату А2 складальний кресленик: царга

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Пополов Д. В., доцент	 14.04.25	 14.04.25
Основна частина	Пополов Д. В., доцент	 14.04.25	 14.04.25
Організація безпечного виробництва	Пополов Д. В., доцент	 14.04.25	 14.04.25

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
	Аналітична частина	28.04.2025	вик.
	Основна частина	16.05.2025	вик.
	Організація безпечного виробництва	21.05.2025	вик.
	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2025	вик.
	Виконання графічної частини	04.06.2025	вик.
	Подання роботи до кафедри	07.06.2025	вик.
	Захист роботи в ЕК	17-18.06.2025	вик.

Здобувач (ка)


(підпис)

Ніколаєнко В. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Пополов Д. В.
(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк арк	№ екз.	Примітка
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Заново розроблена			
5						
6	A1	KPБ.133.25.13.00.00.000.В0	Кресленник загального виду	1	-	
7	A1	KPБ.133.25.13.05.00.000.СБ	Складальний кресленник	1	-	
8	A4	KPБ.133.25.13.ПЗ	Пояснювальна записка	38	-	
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

					133.25.13.KPБ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підп.	Дата	Змішувач гомогенізатор	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Ніколаєнко		07.06.25		Б		1
Перевірив		Пополов		12.06.25	Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра	ННТІ ДЧЕТ кафедра ІГМ гр. ЗМО-22ск		
Н.контр.		Пополов		13.06.25	Копіював	Формат А4		
Затвердив		Засельський		14.06.25				

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 38 стор., 7 рис., 4 табл., 1 додаток, 11 джерел.

Об'єкт розробки — вібраційний привод змішувача гомогенізатора.

Мета розробки — покращення якості змішування в'язко-пластичних матеріалів, що злежались.

Метод досліджень — аналітичний – аналіз виявлених технічних рішень з метою можливості їх застосування для удосконалення конструкції змішувача гомогенізатора.

В роботі запропонована модернізація змішувача гомогенізатора шляхом встановлення додаткового вібраційного привода, яка дозволить підвищити якість підготовки в'язко-пластичного матеріалу, що злежався.

Запропонована модернізація машини дозволить підвищити якість підготовки шихтового матеріалу до агломерації, збільшити відсоток переробки виробничих відходів — шламів.

Результати роботи можуть бути використані при модернізації змішувача гомогенізатора.

Ключові слова: змішування, шлам, гомогенізатор, суміш, мотор-вібратор, в'язко-пластичний.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини	8
1.2 Технічна характеристика машини-прототипу	8
1.3 Опис конструкції машини-прототипу.....	8
1.4 Аналіз недоліків	12
1.5 Передбачувані причини недоліків	13
1.6 Постановка задачі	14
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	15
2.1 Літературно-патентний огляд.....	15
2.2 Пропозиції по модернізації.....	21
2.3 Переваги пропонованої конструкції	25
2.4 Розрахунки по модернізації.....	25
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	30
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників.....	30
3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників	31
ВИСНОВКИ	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	36
ДОДАТКИ	38

ВСТУП

Пріоритетність екологічних проблем у Криворізькому регіоні є прямим наслідком надзвичайної концентрації металургійних та гірничодобувних підприємств. Комплексний аналіз впливу найбільшого металургійного гіганта України на довкілля дав змогу не лише оцінити поточне, а й спрогнозувати сукупне навантаження на атмосферу, враховуючи специфіку виробничих процесів та їх компонентів.

Прогнози, що враховують як зростання обсягів виробництва в галузі, так і перспективи впровадження інноваційних систем газоочищення, виявляють парадоксальну закономірність: зі зростанням ефективності очищення відхідних металургійних газів неминуче збільшується обсяг металовмісних шламів. Масштабні накопичення цих відходів вимагають значних площ для складування, що завдає відчутної шкоди довкіллю. Через високу дисперсність шлами легко разносяться на великі відстані під впливом природних факторів, забруднюючи ґрунти та підземні води, тим самим загострюючи й без того складну екологічну ситуацію в промислових зонах.

Економічно доцільним рішенням для утилізації шламів є їх інтеграція як сировинного компонента у виробництво агломерату, що дозволяє скоротити використання первинних концентратів. Однак, реалізація цього підходу можлива лише за умови суттєвого зниження вологості шламів (до 20...25 %), покращення їх газопроникності та сипкості. Відтак, критично важливими етапами підготовки шламів до агломераційного виробництва є їх дезінтеграція та гомогенізація з вологопоглинаючими добавками.

Водночас, виконання цих операцій становить серйозний виклик для існуючих конструкцій змішувачів. Шлам з вологістю 20...25% перетворюється на липку пастоподібну масу, що значно ускладнює його обробку. Це створює нагальну потребу в розробці інноваційних типів змішувального обладнання, здатного ефективно переробляти такий специфічний матеріал.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини

У підготовчому циклі шламів для агломераційного виробництва, перед їх транспортуванням до агломераційного цеху, змішувач гомогенізатор виконує ключову завершальну функцію. Його основне завдання — забезпечити необхідну крупність матеріалу, оскільки після чотириденного зберігання в штабелі шлам може злежуватися і його розмір перевищує технологічну норму в 50 мм. Крім того, змішувач відповідає за створення однорідної суміші шламу та вапняно-вапнякового пилу, які закладалися в штабель. Це особливо важливо, адже саме формування штабелю не гарантує рівномірного розподілу цих компонентів. [1]

1.2 Технічна характеристика машини-прототипу

Технічна характеристика змішувача гомогенізатора наведена в табл. 1.1.

1.3 Опис конструкції машини-прототипу

Розглянемо конструкцію порталного змішувача-гомогенізатора, представлена на рис. 1.1. Основними компонентами є зварний бункер 1, призначений для прийому вихідного матеріалу, який спирається на опорні стійки 2 та загальну раму робочої камери. У межах цієї рами вертикально розташовані чотири царги 3, 4, 5, 6. Ключовою відмінністю між ними є кількість інтегрованих ворушіїв. Примітно, що кожна послідовна царга, починаючи з найвищої (поз. 3), обернута на 90° проти годинникової стрілки відносно поперед-

ньої, що, оптимізує процес змішування. Більш детальний опис конструкції окремої царги наведено на рис. 1.2.

Таблиця 1.1

Технічна характеристика змішувача гомогенізатора

Найменування параметру	Значення
Продуктивність, т/год	100...150
Крупність матеріалу, не більше, мм:	
– початкова	600
– кінцева	50
Кількість встановлених царг, шт	4
Робоча довжина і ширина поверхні змішування, м	1,6×1,6
Тип встановленого приводу:	
– мотор-редуктор	ЗМП-80-71-1434-110
Встановлена потужність, кВт	11
Частота обертання робочого органу, об/хв	21,52
Маса, кг	7620

Джерело: розроблено із використанням [2]

На рис. 1.2 представлена конструкція царги змішувача. Її основу формують чотири вали 1, 2, 3, 4, розташовані паралельно. На цих валах з певним проміжком і в шаховому порядку встановлені лопатки 5. Провідним валом є вал 1, який отримує крутний момент від двигуна 6, що передається послідовно через ланцюгову передачу 7 і редуктор 8. Рух на вали 2, 3 і 4 здійснюється від вала 1 за допомогою зубчастої передачі 9, забезпечуючи протилежний напрям обертання сусідніх валів. Для підвищення ефективності змішування, на бокових поверхнях царги, перпендикулярно до валів, розташовані нерухомі ребра 10, також розміщені в шаховому порядку відносно лопаток.

Робоча камера змішувача (див. рис. 1.1), що складається з чотирьох послідовних царг, спирається на портал 8. Цей портал є зварною конструкцією, на якій зверху розташований настил 9 для обслуговування обладнання. До настилу приварені стійки 2, а також огорожі 10, 11, що забезпечують безпеку. Сам портал кріпиться до несучої рами 13 за допомогою болтових з'єднань.

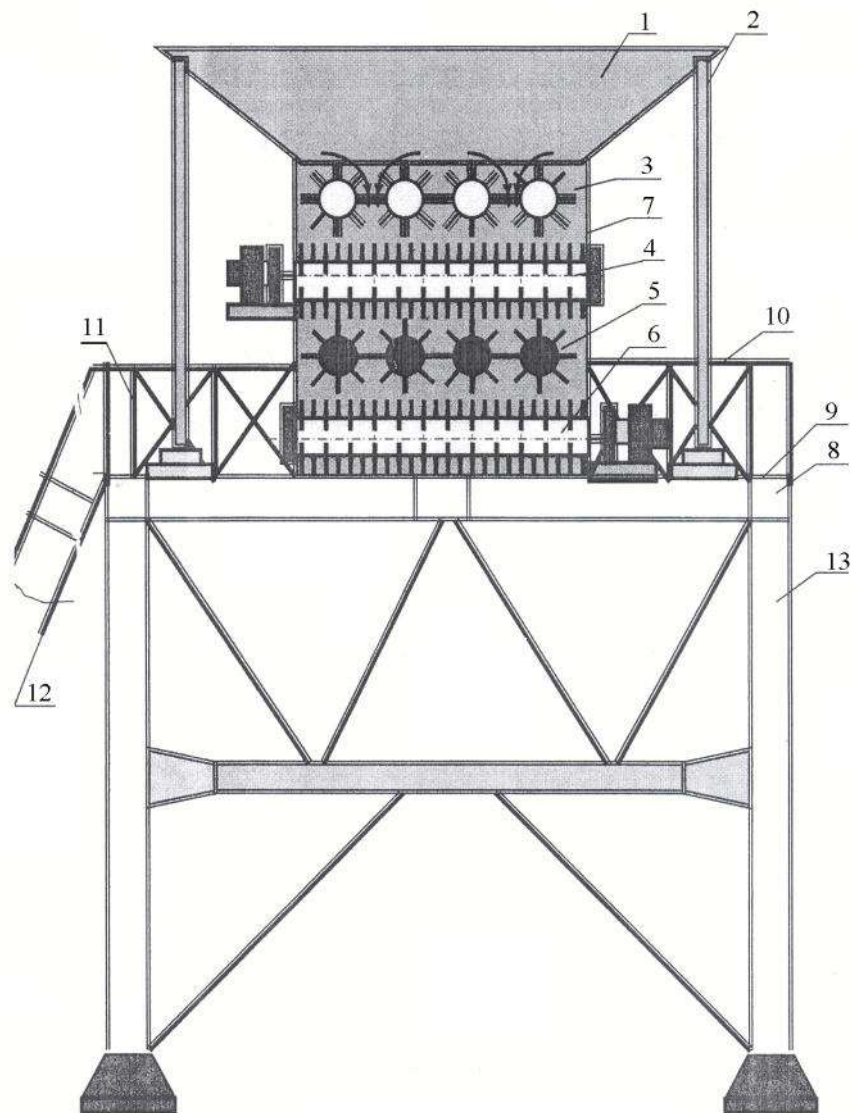
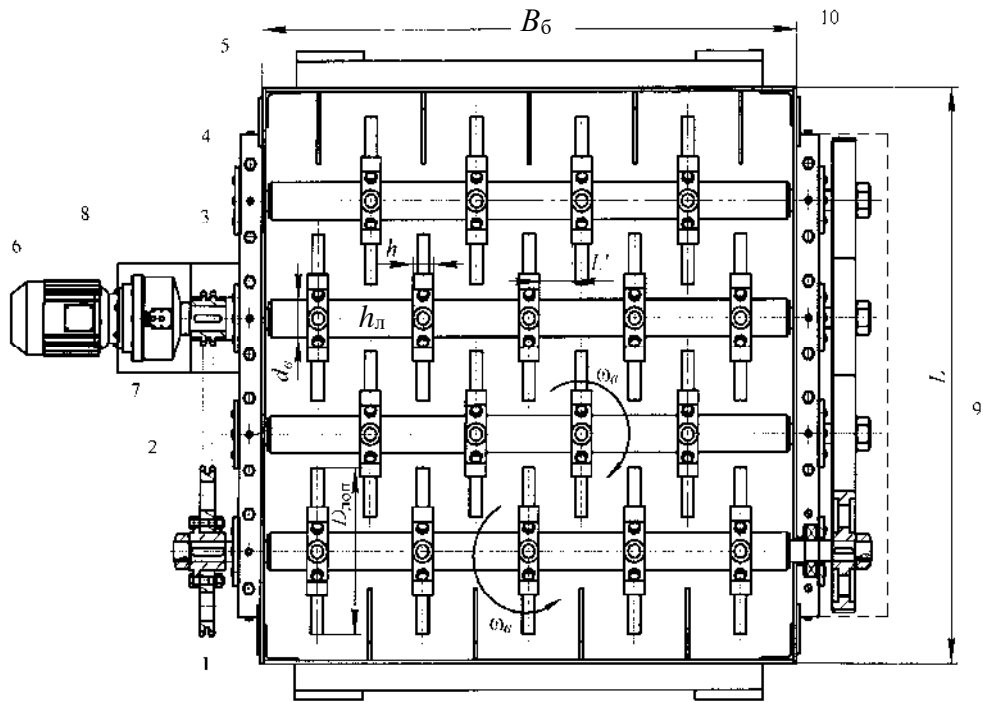
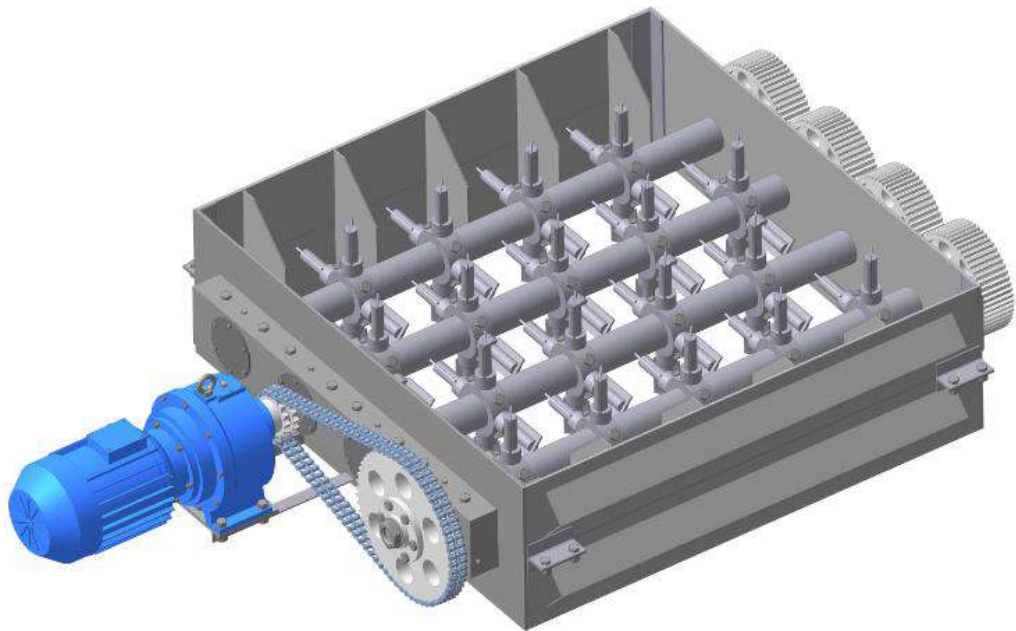


Рис. 1.1. Конструктивна схема порталного змішувача гомогенізатора

Джерело: розроблено із використанням [3]



а)



б)

а – конструктивна схема; б – 3D-модель

Рис. 1.2. Царга змішувача

Джерело: розроблено із використанням [3]

Для зручності доступу персоналу до робочого майданчика змішувача, портал обладнаний сходами 12.

Принцип дії змішувача базується на дезінтеграції та подальшому змішуванні матеріалів, які попередньо були укладені в штабель, з використанням ефекту гравітації. Спочатку злежана суміш подається до бункера змішувача за допомогою грейферного крана. Далі матеріал послідовно проходить через усі царги: з бункера він потрапляє на першу царгу, потім на другу і так далі. Процес гомогенізації відбувається завдяки взаємоперпендикулярному обертанню лопаток валів усередині кожної царги. Розвантаження готового матеріалу з останньої, четвертої царги, здійснюється безпосередньо у вагон, що розміщується під порталним змішувачем.

1.4 Аналіз недоліків

Багаторічна експлуатація змішувача гомогенізатора на ПАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг», який є ключовим компонентом технології підготовки шламів до агломераційного виробництва, виявила його суттєвий недолік — залипання робочого органу.

Нарости зменшують ефективний об'єм робочої камери, змінюють геометричну форму лопаток та валів. Це призводить до утворення так званих «мертвих зон» у змішувачі, де матеріал практично не перемішується. Загальна інтенсивність перемішування значно знижується, що безпосередньо впливає на якість кінцевого продукту – його однорідність та стабільність.

Збільшення об'єму наростів на лопатках та валах значно збільшує опір їх обертанню. Це вимагає від двигуна більшої потужності, що призводить до зростання споживання електроенергії. Окрім того, підвищене навантаження прискорює знос механічних вузлів змішувача, що вимагає частішого ремонту та заміни компонентів.

1.5 Передбачувані причини недоліків

Залипання змішувачів є поширеною проблемою в багатьох галузях промисловості, особливо там, де доводиться працювати з відходами, які утворились підчас волого очищення відхідного повітря технологічних агрегатів. Ця проблема не тільки знижує продуктивність обладнання, але й веде до збільшення витрат на обслуговування, простоїв та зниження якості кінцевого продукту.

Основна причина залипання обумовлена в'язко-пластичним станом шламів – матеріал одночасно демонструє властивості як в'язкої рідини, так і пластичного тіла.

Шлами часто містять значний відсоток води та дрібнодисперсних частинок, таких як глина, пил чи оксиди металів. Ця водна фаза, особливо у поєднанні з колоїдними компонентами, надає шламам високу внутрішню в'язкість. Вони не поведуться як звичайні рідини, що вільно течуть, а скоріше нагадують густу пасту. Ця висока в'язкість сприяє сильному прилипанню шламів до будь-яких поверхонь, з якими вони контактують, особливо до робочих органів змішувача – лопаток та стінок.

Окрім в'язкості, шлами також мають певну пластичність. Це означає, що під дією зовнішніх сил, наприклад, при обертанні лопаток змішувача, шлам може деформуватися, змінювати свою форму без руйнування. Проте, на відміну від пружних матеріалів, після припинення дії цих сил шлам зберігає надану йому форму і не повертається до початкового стану.

Саме поєднання цих двох властивостей створює ідеальні умови для формування стійких наростів у змішувачі.

Висока в'язкість забезпечує сильне зчеплення (адгезію) шламів з поверхнями обладнання. Водночас, пластичність дозволяє вже налиплому шару шламів утворювати нові шари (когезія), нарощуючи товщину відкладень. Нові порції шламу прилипають до вже існуючих наростів, замість того, щоб вільно перемішуватися.

Постійний контакт з рухомими елементами змішувача, такими як вали та лопатки, а також зі стінками камери, призводить до поступового, але неухильного накопичення в'язкопластичних шламів. Ці нарости з часом стають щільними і, часто, твердіють.

1.6 Постановка задачі

Метою роботи є покращення якості змішування в'язко-пластичних матеріалів, що злежались.

Для досягнення поставленої мети передбачається виконання наступних етапів:

- вивчення та оцінка вже розроблених технологічних підходів, які можуть допомогти у вирішенні виявленої проблеми;
- аналіз технічних рішень, щоб визначити їхню практичну придатність для усунення поточних недоліків;
- розробка оновленої конструкції змішувача;
- проведення необхідних розрахунків з метою визначення оптимальних параметрів запропонованої конструкції;
- підготовка комплекту креслень нової конструкції змішувача.
- формулювання комплексу організаційно-технічних рішень для забезпечення безпечних умов праці під час експлуатації розробленого обладнання.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Літературно-патентний огляд

Відома корисна модель, яка належить до обладнання для змішування сипких матеріалів [4]. Цей вдосконалений змішувач (рис. 2.1) для сипких матеріалів вирізняється своєю простотою конструкції та високою ефективністю змішування. Його основу складає конічний або циліндрично-конічний бункер 1, обладнаний стандартними завантажувальним 2 та розвантажувальним 3 отворами. Ключовим елементом є розташована всередині бункера вертикальна центральна труба (4), в якій функціонує обертовий шнек 5. Ця труба сполучається з основним об'ємом бункера як зверху, так і знизу, створюючи замкнутий цикл переміщення матеріалу.

Для оптимізації процесу змішування по всій висоті бункера на його внутрішніх стінках та на вертикальній трубі інтегровані спеціальні оболонки 6 і 7. Ці елементи виконані у формі зрізаних конусів, розширених донизу, і стратегічно розміщені з оптимальним зазором 8 відносно центральної труби та стінок бункера. Важливою особливістю є чергування оболонок, встановлених на стінках бункера 6, з тими, що закріплені на вертикальній трубі 7.

Робота змішувача надзвичайно проста. Компоненти, що потребують змішування, подаються в бункер 1 через завантажувальний патрубок 2. З початком обертання шнека 5 матеріал з нижньої частини центральної труби 4 піднімається вгору. Досягнувши верхньої точки, сипкий матеріал виходить з труби 4 і потрапляє на верхню оболонку 7. Під впливом гравітації він послідовно пересипається з однієї оболонки на іншу (від 7 до 6 і далі), рухаючись по спіралі вниз у просторі між бункером та центральною трубою. Цей механізм забезпечує безперервне перемішування та гомогенізацію матеріалу під час його руху, що значно підвищує якість кінцевої суміші.

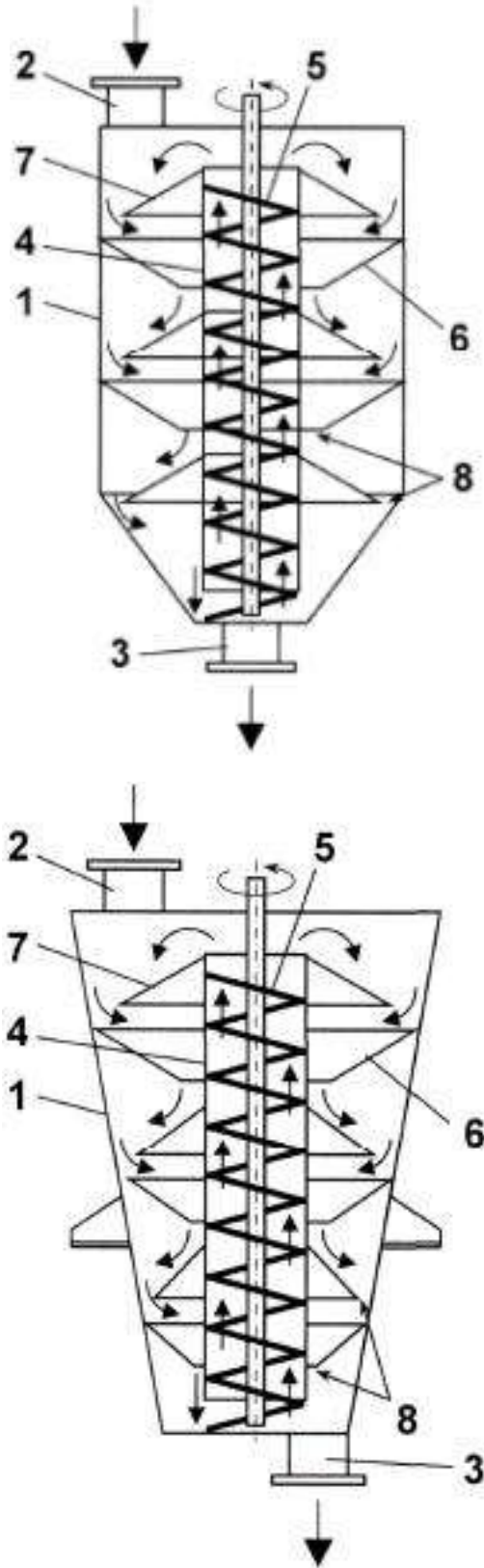


Рис. 2.1. Змішувач сипкого матеріалу
 Джерело: розроблено із використанням [4]

Завдяки своїй продуманій конструкції, даний змішувач є економічно вигідним та ефективним рішенням для широкого спектра завдань по змішуванню сипких матеріалів.

Також відома конструкція змішувач для сипких матеріалів [5], який відрізняється конструкцією, що забезпечує високу ефективність перемішування. Його основу складає бункер 1 з гнучким днищем 2, що має жорстку центральну частину 3. До цієї центральної частини 3 кріпиться вібратор 4, який є рушійною силою всієї системи.

Усередині бункера 1 розташована мережа поздовжніх змішувальних елементів 5. Ці елементи унікальні тим, що кожен з них закріплений одним кінцем 6 до стінки бункера 1, а іншим 7 — до тяги 8, що виконана у вигляді стрижня та прикріплена до центральної частини 3 днища 2. Самі змішувальні елементи 5 виконані у вигляді телескопічних трубок, що вільно рухаються одна відносно одної, забезпечуючи динамічне перемішування. Для додаткового захисту та запобігання засміченню, кожен з цих елементів може бути вміщений у захисну гофровану оболонку 9 (див. рис. 2.2). Змішувач також оснащений патрубками 10 і 11 для зручного завантаження сировини та вивантаження готової суміші відповідно.

Принцип дії полягає у наступному. Процес змішування починається із завантаження необхідних компонентів сипкого матеріалу в бункер 1 через патрубок 10. Після активації вібратора 4 жорстка центральна частина 3 днища 2 починає коливатися разом із тягою 8. Цей рух передається на кінці 7 поздовжніх змішувальних елементів 5. Завдяки своїй телескопічній конструкції, ці елементи активно перемішують сипкий матеріал, забезпечуючи його гомогенізацію. Важливою перевагою є захисні гофровані оболонки 9, які ефективно запобігають потраплянню дрібних частинок матеріалу в місця стиків телескопічних трубок, тим самим забезпечуючи безперебійну роботу.

Запропонований змішувач вирізняється простотою у виробництві та експлуатації, водночас значно підвищуючи якість змішування сипких матеріалів.

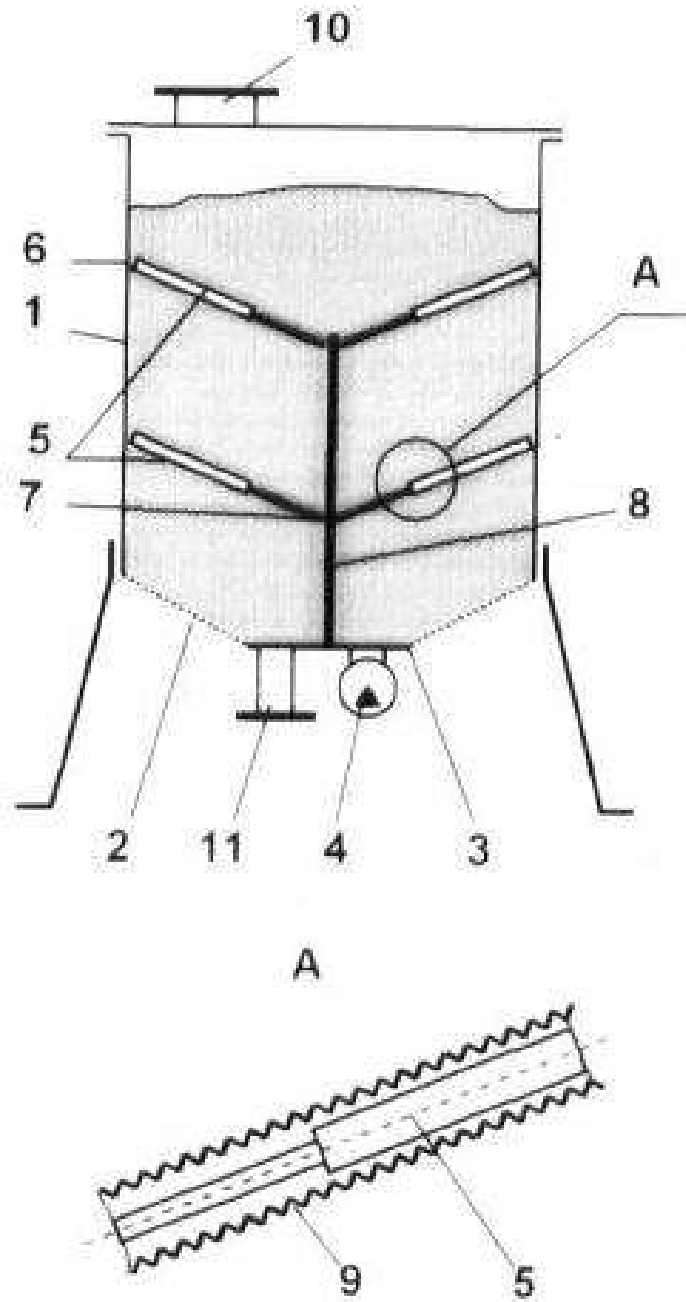


Рис. 2.2. Змішувач для сипких матеріалів

Джерело: розроблено із використанням [5]

Для змішування в'язких матеріалі пропонується змішувач [6], який має розбірну конструкцію, що складається з верхньої 1 (рис. 2.3) та нижньої 2 частин корпусу. Всередині встановлено горизонтальний приводний вал 3, на якому жорстко закріплені лопаті 4. Корпус розбирається по горизонтальній площині вздовж осі обертання вала (Г).

Лопаті 4 кріпляться до приводного вала 3 за допомогою хомутив 5 і розташовані під кутом 60° до осі Г, утворюючи спіралеподібну конфігурацію. Для вивантаження суміші передбачено люк 6 з байонетним затвором 7, розміщений у нижній частині корпусу 2.

На верхній частині корпусу 1 знаходиться отвір 8 для підключення завантажувального бункера (не показаний на кресленні), а також інтегрована система водопостачання 9. З торця нижньої частини корпусу 2 розташований патрубок 10 для зливу води. Приводний вал 3 з'єднаний з електродвигуном 11 через клинопасову передачу 12, редуктор 13 та муфту 14.

Процес роботи змішувача відбувається наступним чином: дозовані компоненти бетонної суміші завантажуються у корпус через отвір 8 за допомогою пневматичної гармати (не показана на кресленні) під час обертання приводного вала 3 з лопатями 4, що обертаються назустріч одна одній. У процесі перемішування, через систему водопостачання 9, подається необхідний об'єм води. Вивантаження готової суміші здійснюється шляхом відкриття люка 6 з байонетним затвором 7 у нижній частині корпусу 2.

Керування роботою бетонозмішувача здійснюється з кнопочового пульта. Очищення внутрішніх поверхонь корпусу та лопатей виконується водою, яка зливається через патрубок 10.

Запропонована конструкція змішувача значно підвищує його ремонтпридатність, оскільки роз'ємний корпус забезпечує легкий доступ для обслуговування та ремонту компонентів.

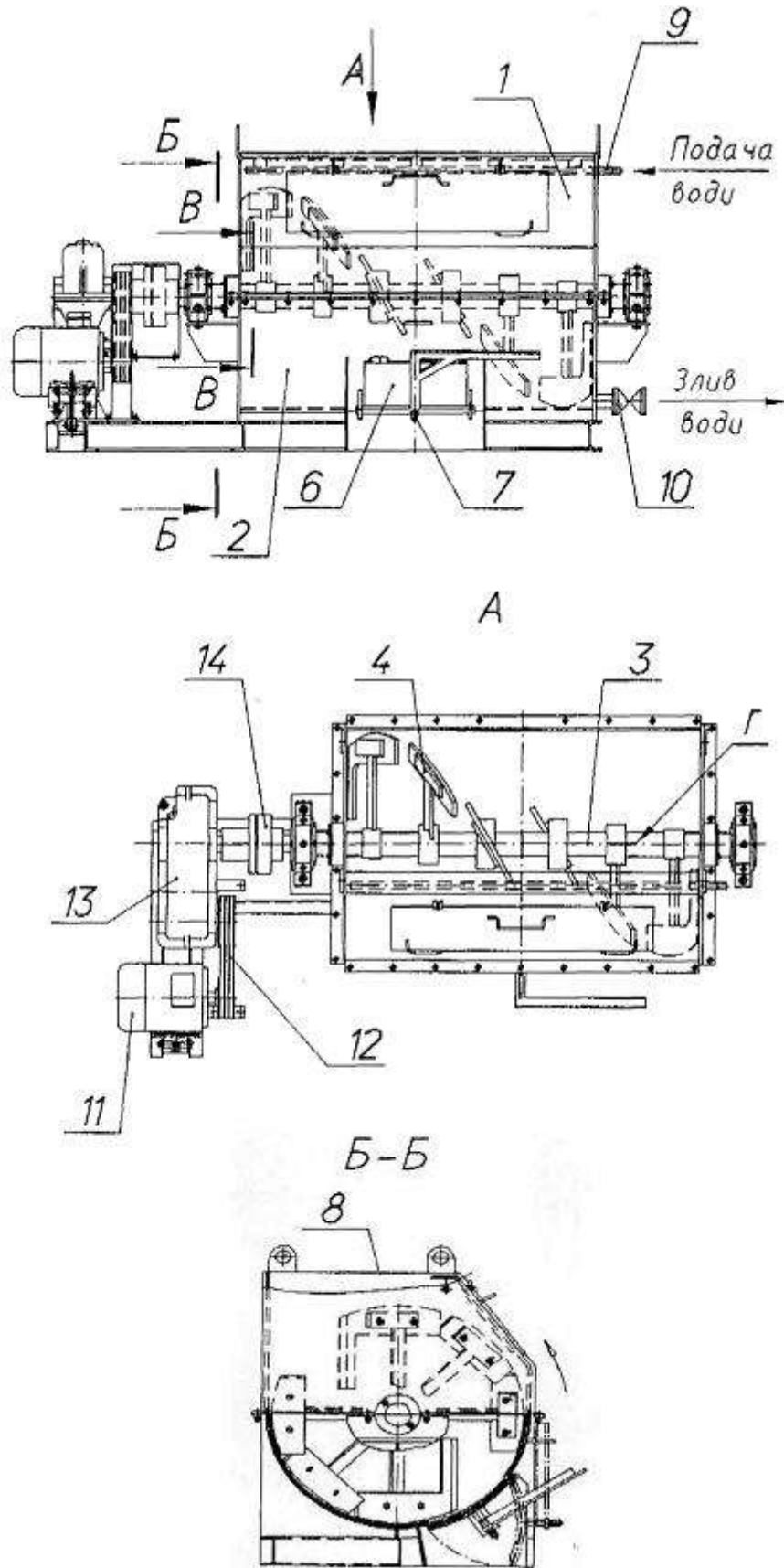


Рис. 2.3. Змішувач для в'язких матеріалів

Джерело: розроблено із використанням [6]

Загальним недоліком запропонованих конструкцій є відсутність можливості роботи з в'язким матеріалом, що злежався, тому прийняти одне конструктивне рішення не доцільне. Перспективним виглядає використання вібрації для покращення процесу змішування, яке запропоновано в патенті на корисну модель [5].

2.2 Пропозиції по модернізації

Для зменшення налипань в'язко-пластичного матеріалу на лопатки змішувача, а також для інтенсифікації процесу змішування, пропонується на існуючу конструкцію встановити кінематично не зв'язані між собою віброзбуджувачі (рис. 2.4), які здатні забезпечити різне траєкторне поле переміщення машини. [7]

Змішувач-гомогенізатор базується на опорній рамі 1 порталного типу. На цю раму, через пружні елементи 2, встановлена охоплююча рама 3. Вона містить вібропривод, що складається з двох інерційних віброзбуджувачів 4, які кінематично не пов'язані між собою. Ці збуджувачі дозволяють регулювати частоту та напрямок обертання валів, що дає змогу генерувати різні траєкторії коливань.

В охоплюючу раму 3 за допомогою сильфона 5 інтегрований приймальний бункер 6. Під бункером розташовані чотири царги 7, встановлені одна над однією і з'єднані між собою фланцями 8. Кожна наступна царга повернута на 90° у горизонтальній площині відносно попередньої.

Робота гомогенізатора починається із запуску віброзбуджувачів 4. Матеріал для змішування подається в приймальний бункер 6, звідки він надходить до першої царги 7. Тут матеріал піддається початковій стадії гомогенізації за допомогою штирів, закріплених на валах. На цьому етапі відбувається розпушування, дезінтеграція (подрібнення на менші фракції) та часткове перемішування матеріалу.

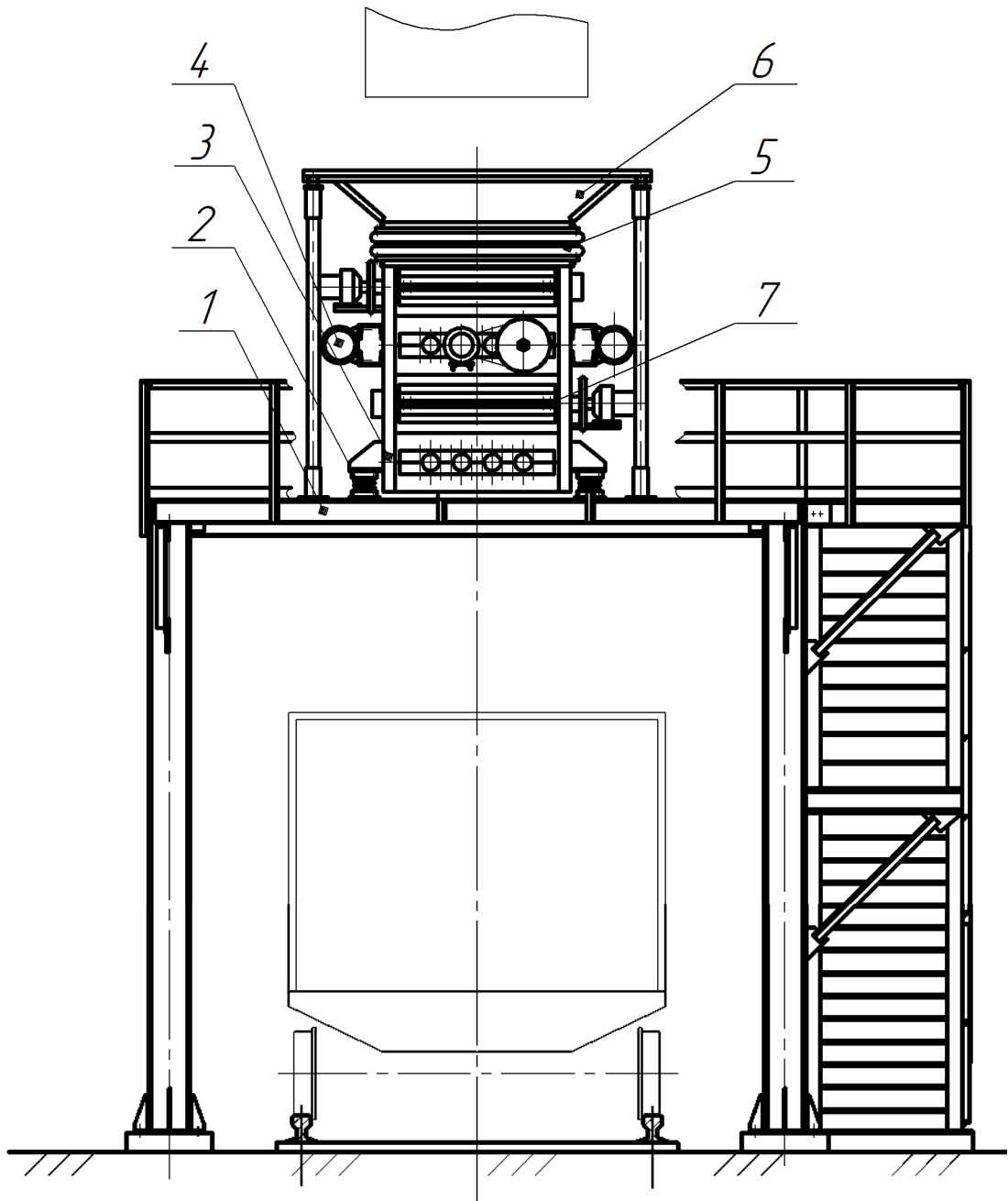


Рис. 2.4. Змішувач гомогенізатор модернізований
(розроблений автором)

Послідовний перехід матеріалу від однієї царги до іншої, завдяки їхньому повороту на 90° , забезпечує зміну напрямку перемішування, що значно інтенсифікує процес. З кожною наступною царгою розмір максимального шматка зменшується, що посилює процеси дезінтеграції та гомогенізації, доводячи їх до завершення. Утворена гомогенна суміш залишає робочу зону апарату і вивантажується безпосередньо у вагон, встановлений у порталі 1.

Режим роботи віброзбуджувачів обирається відповідно до вологості матеріалу.

Для матеріалу з вологістю до 8 %, використовується режим спрямованих однорідних прямолінійних коливань (рис. 2.5, а). У цьому режимі дисбаланси обертаються з однаковою швидкістю у протилежному напрямку (режим самосинхронізації).

Це сприяє переходу матеріалу у суспендований віброкиплячий шар, що збільшує час його перебування в порожнині змішувача та знижує ефективний коефіцієнт тертя.

Для матеріалу з вологістю від 8 % до 12 %, застосовується режим кругових коливань (рис. 2.5, б). Тут дисбаланси обертаються з однаковою швидкістю в одному напрямку. Цей режим допомагає частково очистити поверхні від налиплого матеріалу та зменшити ефективний коефіцієнт тертя.

Для матеріалу з вологістю понад 12 %, обирається режим «биття» (рис. 2.5, в). Він генерує неоднорідні еліптичні коливання з подвійним напіврозмахом, оскільки дисбаланси обертаються з різною швидкістю у протилежному напрямку (режим десинхронізації).

Цей режим дозволяє очистити до 90 % поверхонь змішувача від налиплого матеріалу, забезпечуючи постійну робочу площу для гомогенізації та дезінтеграції.

Використання цих спеціалізованих режимів значно підвищує ефективність процесу змішування та знижує витрати потужності.

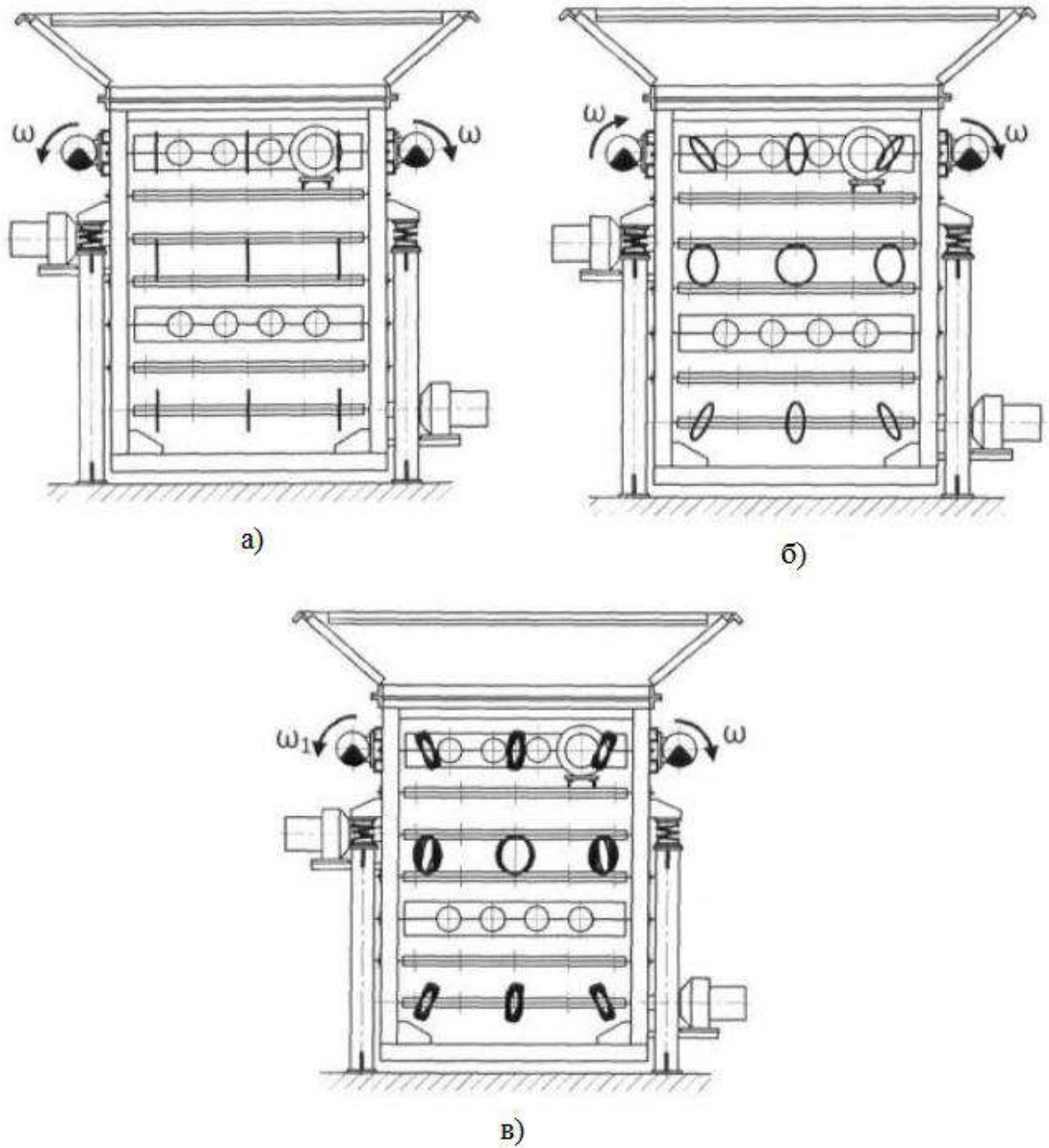


Рис. 2.5. Тракторне поле змішувача
 Джерело: розроблено із використанням [7]

2.3 Переваги пропонованої конструкції

Перевагою конструкції, що пропонується є підвищена інтенсивність змішування та зниження питомої потужності, яка досягається за рахунок переходу матеріалу у суспендований віброкиплячий шар, що збільшує час його перебування в порожнині змішувача та знижує ефективний коефіцієнт тертя, це призводить до часткового очищення поверхні від налиплого матеріалу, забезпечуючи постійну робочу площу для гомогенізації та дезінтеграції.

2.4 Розрахунки по модернізації

Визначаємо вагу шламу в грейфері, що приходить на одну царгу

$$Q_{\text{ш}} = V_{\text{г}} \cdot \rho \cdot g = 4 \cdot 1,7 \cdot 10^3 \cdot 9,8 = 66640 \text{ Н}, \quad (2.1)$$

де $V_{\text{г}} = 4 \text{ м}^3$ – об'єм грейфера;

$\rho = 1,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ – об'ємна вага шламу при природній вологості;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

Визначаємо коливальну вагу гомогенізатора

$$Q_{\text{г}} = (n_{\text{ц}} \cdot m_{\text{ц}} + m_{\text{р.о}}) \cdot g = (4 \cdot 135 + 210) \cdot 9,8 = 7350 \text{ Н}, \quad (2.2)$$

де $n_{\text{ц}} = 4$ шт – кількість царг;

$m_{\text{ц}} = 135 \text{ кг}$ – маса царги;

$m_{\text{р.о}} = 210 \text{ кг}$ – маса охоплюючої рами.

Визначаємо загальну вагу

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{ш}} + Q_{\text{г}} = 66640 + 7350 = 73990 \text{ Н}. \quad (2.3)$$

Визначаємо кінетостатичний момент мотор-вібратора [8]

$$m_{д. e} = \frac{Q_{\Sigma}}{2 \cdot g} \cdot A \cdot 10^{-2} = \frac{73990}{2 \cdot 9,8} \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 114 \text{ кг} \cdot \text{см}, \quad (2.4)$$

де $A = 3$ мм – амплітуда коливань гомогенізатора.

З каталогу компанії Olivibra [9] враховуючи умову

$$(m_{д. e})_{\text{розрах}} = 114 \text{ кг} \cdot \text{см} < (m_{д. e})_{\text{табл}} = 137,3 \text{ кг} \cdot \text{см}, \quad (2.5)$$

обираємо мотор-вібратор типу MVE 1700/15E-60A0, характеристика котрого наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Технічна характеристика мотор-вібратора типу MVE 1700/15E-60A0

Найменування параметру	Од. вим.	Значення
Кінетостатичний момент	кг·см	137,3
Відцентрова сила	Н	17,25
Частота обертів	об/хв	1500
Вживана потужність	кВт	1,13
Маса	кг	67,5

Джерело: розроблено із використанням [9]

Визначаємо власну кутову частоту коливань грохота

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 12 = 75,36 \text{ с}^{-1}, \quad (2.6)$$

де $f_0 = 12$ Гц – власна частота коливань.

Визначаємо загальну жорсткість пружин

$$\begin{aligned} C_{\text{заг}} &= (n_{ц} \cdot m_{ц} + m_{р.о} + n_{м.в} \cdot m_{м.в}) \cdot \omega_0^2 = \\ &= (4 \cdot 135 + 210 + 2 \cdot 67,5) \cdot 75,36^2 = 5026030 \text{ Н/м}, \end{aligned} \quad (2.7)$$

де $n_{м.в} = 2$ шт – кількість мотор-вібраторів;

$m_{\text{м.в}} = 67,5$ кг – маса мотор-вібратора.

Визначаємо вертикальну жорсткість однієї пружини

$$C_y = \frac{C_{\text{заг}}}{n_{\text{п}}} = \frac{5026030}{8 \cdot 1000} = 628 \text{ Н/мм}, \quad (2.8)$$

де $n_{\text{п}} = 8$ шт – кількість пружин.

Визначаємо статичне навантаження

$$\begin{aligned} P_{\text{ст}} &= \frac{(n_{\text{ц}} \cdot m_{\text{ц}} + m_{\text{р.о}} + n_{\text{м.в}} \cdot m_{\text{м.в}}) \cdot g}{n_{\text{п}}} = \\ &= \frac{(4 \cdot 135 + 210 + 2 \cdot 67,5) \cdot 9,81}{8} = 1085 \text{ Н}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Визначаємо статичне навантаження

$$\begin{aligned} P_{\text{дин}} &= \frac{(n_{\text{ц}} \cdot m_{\text{ц}} + m_{\text{р.о}} + n_{\text{м.в}} \cdot m_{\text{м.в}}) \cdot \omega_0^2 \cdot 10 \cdot A}{n_{\text{п}}} = \\ &= \frac{(4 \cdot 135 + 210 + 2 \cdot 67,5) \cdot 75,36^2 \cdot 10 \cdot 0,003}{8} = 18847 \text{ Н}. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Визначаємо сумарне навантаження

$$P = P_{\text{ст}} + P_{\text{дин}} = 1085 + 18847 = 19932 \text{ Н}. \quad (2.11)$$

За ДСТУ ГОСТ 13773:2005 приймаємо основні параметри витків пружини стиснення, котрі наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Характеристика витків пружини стиснення

Найменування параметру	Од. вим.	Значення
Клас		П
Розряд		4
Номер типорозміру		87
Зовнішній діаметр	мм	160
Діаметр проволочки	мм	22
Сила пружини	Н	20000
Жорсткість одного витка	Н/мм	873,6
Найбільший прогин одного витка	мм	22,9
Кількість витків	шт	2

Джерело: розроблено із використанням [10]

Визначаємо вертикальну жорсткість обраної пружини

$$C_y = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_{cp}^3 \cdot i} = \frac{7,85 \cdot 10^{10} \cdot (22 \cdot 10^{-3})^4}{8 \cdot (138 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 2} = 437 \text{ Н/мм}, \quad (2.12)$$

де $G = 7,85 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$ – модуль зсуву;

$d = 22 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – діаметр дроту;

$D_{cp} = 138 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – середній діаметр витка;

$i = 2 \text{ шт}$ – кількість витків.

Визначаємо попередню деформацію пружини

$$\Delta H = \frac{P_{ст}}{C_y} = \frac{1085}{437} = 2,5 \text{ мм}. \quad (2.13)$$

Визначаємо висоту пружини при смиканні витків

$$H_{ст} = H_0 - \frac{P_{таб}}{C_y} = 112 - \frac{20000}{437} = 66 \text{ мм}. \quad (2.14)$$

де $H_0 = 112 \text{ мм}$ – висота пружини у вільному стані.

Перевіряємо пружину на зіткнення витків з умови, що можливе переміщення пружини з робочого стану під дією статичного навантаження до повного стискання витків, повинно бути меншим вертикальної амплітуди переміщення грохоту в перехідних режимах, тобто

$$H_0 - H_{\text{ст}} > 10 \cdot A + \Delta H. \quad (2.15)$$

$$112 - 66 = 46 \text{ мм} > 10 \cdot 3 + 2,5 = 32,5 \text{ мм}.$$

Умова виконується, таким чином приймаємо пружину 87-160-112-437
ДСТУ ГОСТ 13773:2005 клас 2

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

Згідно з класифікацією небезпечних та шкідливих виробничих факторів, встановленою в ГОСТ 12.0.003-74, створюється методологічна база для їх виявлення, систематизації та розробки превентивних заходів щодо мінімізації впливу на працівників. Службами охорони праці впроваджено методики для виявлення і визначення рівнів впливу таких факторів у шламопідготовчому цеху, як температура, вологість та швидкість повітря, рівні шуму, вібрації та освітлення. Дані вимірювань оформлюються у вигляді протоколів, які засвідчуються інженером-виконавцем та представником цеху, присутнім під час проведення замірів.

Серед небезпечних чинників на дільниці підготовки шламів, які можуть стати причиною виробничих травм різного ступеня тяжкості, слід виділити: рухомий залізничний та автотранспорт, обертові елементи обладнання, а також вантажопідіймальні механізми.

Фактичні концентрації шкідливих речовин і рівні впливу небезпечних чинників на робочих місцях визначаються відповідно до вимог СН 245-71 «Небезпечні виробництва та їх джерела». Дані представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Фактична концентрація і рівні шкідливостей на робочих місцях

Шкідливий чинник	Одиниця виміру	ПДК	Факт
Пил вапняку	мг/м ³	6,0	17,2
Шум	дБа	80	81
Температура повітря	°С	18...27	29,4
Освітленість в нічний час	люкс	50	45

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Значне запилення повітря спостерігається під час формування та витримки штабеля з шламу та вапняно-вапнякової суміші. Через малу вагу частинок матеріалу вони легко піднімаються в повітря й розносяться потоками, створюючи перевищення допустимих концентрацій пилу в робочій зоні. Така запиленість становить загрозу для здоров'я працівників, зокрема, може спричинити розвиток астматичних та інших респіраторних захворювань.

Високий рівень шуму на робочих місцях виникає внаслідок тертя елементів машин і механізмів як у робочому, так і в холостому режимі. Шум негативно позначається на фізіологічному стані працівника: як сильний зовнішній подразник, він сприймається головним мозком і здатен викликати перенапруження нервової системи, а також порушення функціонування внутрішніх органів.

Підвищені температури влітку є актуальною проблемою на відкритих виробничих майданчиках. Вплив тепла на організм людини може спричинити перегрів, приплив крові до мозку та, як наслідок, втрату свідомості.

Недостатній рівень освітленості, особливо в нічний час на великій території складу шламо-вапнякової суміші, ускладнює зорове сприйняття, викликає напруження нервової системи та може стати причиною неправильних дій оператора.

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників

У процесі проектування ділянки підготовки шламів особливу увагу приділено питанням безпеки праці та мінімізації впливу шкідливих і небезпечних виробничих чинників. З цією метою передбачено комплекс організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці.

Забезпечення належного рівня освітлення в темну пору доби здійснюється за допомогою прожекторів прямої дії, що встановлюються на дахах

споруд, мостових кранах та порталі гомогенізатора. Це дозволяє уникнути зон з недостатньою видимістю та знизити ризики травматизму.

Для захисту працівників від ураження електричним струмом передбачено систему захисного заземлення технологічного обладнання. Устаткування під'єднується до заземлювального контуру з питомим опором, меншим за опір тіла людини, що відповідає вимогам електробезпеки.

Під час проведення ремонтних або налагоджувальних робіт здійснюється обгородження небезпечних зон, а також встановлюються попереджувальні таблички та плакати, що інформують працівників про необхідність дотримання правил охорони праці та пожежної безпеки.

З метою запобігання нещасним випадкам на коліях території ділянки встановлюються світлофори, що регулюють рух залізничного транспорту під час заїзду та виїзду з майданчика.

У межах експлуатації обладнання запроваджено постійний контроль за технічним станом засобів колективного та індивідуального захисту, а також регулярну перевірку справності пристроїв безпеки.

Обов'язковим є своєчасне проведення первинного, повторного та позапланового інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки для всіх працівників, що перебувають у зоні обслуговування ділянки.

Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту (спецодегмом, спецвзуттям, респіраторами тощо) згідно з вимогами нормативно-правових актів, з урахуванням специфіки виконуваних робіт та умов праці.

Для запобігання перегріванню персоналу в літній період передбачено встановлення кондиціонерів у приміщеннях для відпочинку та в кабінах мостових кранів.

Також розроблено маршрути безпечного пересування працівників до робочих зон та у зворотному напрямку, що сприяє уникненню перетину з небезпечними зонами та рухомою технікою.

З метою допуску до виконання робіт лише кваліфікованого персоналу встановлено сувору заборону експлуатації обладнання та виконання підкра-

нових робіт особами, які не пройшли відповідного навчання та перевірки знань з охорони праці.

Оскільки обладнання розміщене на відкритому майданчику, для захисту від прямих атмосферних впливів, зокрема блискавки, на підкранових балках та у верхніх точках складу шламо-вапнякової суміші передбачено монтаж елементів системи блискавкозахисту.

Таким чином, запропоновані заходи дозволяють значно підвищити рівень безпеки праці, забезпечити дотримання чинних нормативів та зменшити ймовірність виникнення виробничого травматизму.

ВИСНОВКИ

У підготовчому циклі шламів для агломераційного виробництва, перед їх транспортуванням до агломераційного цеху, змішувач гомогенізатор виконує ключову завершальну функцію. Його основне завдання — забезпечити необхідну крупність матеріалу, оскільки після чотириденного зберігання в штабелі шлам може злежуватися і його розмір перевищує технологічну норму в 50 мм. Крім того, змішувач відповідає за створення однорідної суміші шламу та вапняно-вапнякового пилу, які закладалися в штабель.

Основними елементами змішувача гомогенізатора є зварний бункер, який спирається на опорні стійки та загальну раму робочої камери. У межах цієї рами вертикально розташовані чотири царги, які відмінні кількістю ворушіїв, кожна послідовна царга, починаючи з найвищої, обернута на 90° проти годинникової стрілки відносно попередньої. Царга складається з чотирьох валів, що розташовані паралельно. На цих валах з певним проміжком і в шаховому порядку встановлені ворушії. Провідний вал отримує крутний момент від двигуна, що передається послідовно через ланцюгову передачу і редуктор. Рух на інші вали здійснюється за допомогою зубчастої передачі, забезпечуючи протилежний напрямок обертання сусідніх валів. Для підвищення ефективності змішування, на бокових поверхнях царги, перпендикулярно до валів, розташовані нерухомі ребра.

Як показав досвід експлуатації основним недоліком такої конструкції є залипання робочого органу, нарости зменшують ефективний об'єм робочої камери, змінюють геометричну форму лопаток та валів. Це призводить до утворення так званих «мертвих зон» у змішувачі, де матеріал практично не перемішується. Загальна інтенсивність перемішування значно знижується, що безпосередньо впливає на якість кінцевого продукту – його однорідність.

На підставі проведеного літературно-патентного пошуку пропоную охоплюючу раму встановити на вісім пружинних опор та розмістити на ній

два мотор-вібратори Італійської компанії Olivibra, з'єднання рами з бункером виконати через сільфон.

Перевагою конструкції, що пропонується є підвищена інтенсивність змішування та зниження питомої потужності, яка досягається за рахунок переходу матеріалу у віброкиплячий шар, що збільшує час його перебування в порожнині змішувача та знижує ефективний коефіцієнт тертя, це призводить до часткового очищення поверхні від налиплого матеріалу, забезпечуючи постійну робочу площу для гомогенізації та дезінтеграції.

Економічний ефект планується отримати на стадії виробництва агломерату за рахунок підвищення якості початкового шихтового матеріалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Удосконалення технології та обладнання агломераційного виробництва / О. Д. Учитель, В. Й. Засельський, Д. В. Пополов, І. В. Засельський — Кривий Ріг: Літерія, 2018. – 184 с.
2. Засельский В.И. Промышленные исследования портального смесителя-гомогенизатора / В. И. Засельский, Д. В. Пополов, И. В. Засельский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 2/1(74). – С. 20-23.
3. Засельский В. И. Пути совершенствования смесителей непрерывного, вертикально направленного действия при подготовке вязко-пластичных материалов / В. И. Засельский, Д. В. Пополов, И. В. Засельский // Сборник научных трудов. Качество минерального сырья. – Кривой Рог, 2014. – С. 341-345.
4. Змішувач сипкого матеріалу: пат. 136863 Україна: B01F7/16. № u201902842; заявл. 22.03.2019; опубл. 10.09.2019, Бюл. № 17/2019. 4 с.
5. Змішувач для сипких матеріалів: пат. 67463 Україна: B01F3/18, B01F11/00. № u201108385; заявл. 04.07.2011; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 4/2012. 2 с.
6. Змішувач сипких матеріалів: пат. 78250 Україна: E01C19/47, B01F7/02. № u201211081; заявл. 24.09.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5/2013. 5 с.
7. Віброзмішувач-гомогенізатор: пат. 97414 Україна: B01F7/00, B01F11/00. № u201411328; заявл. 17.10.2014; опубл. 10.03.2015, Бюл. № 5/2015. 7 с.
8. Расчет металлургических машин. Оборудование обжиговых и агломерационных цехов: Руководство для инженеров-конструкторов / В. И. Большаков та ін. Кривий Ріг: Дионис, 2012. 338 с.
9. Industrial vibrators: division general catalogue. Medolla: OLI, 2021. 49 p.
10. ДСТУ ГОСТ 13773:2005. Пружины винтовые цилиндрические сжатия II класса, разряда 4 из стали круглого сечения. Вид. офіц. Київ, 2005. 9 с.

11. Шеремет В.О. Охорона праці на гірничо-метелургійному комбінаті: навчальний посібник. Дніпропетровськ: Пороги, 2003. – 387 с.

ЗГОДА здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, *Ніколаєнко Владислав Вадимович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота *«Модернізація змішувача гомогенізатора Шламового цеху Департаменту з виробництва чавуну та сталі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»»* виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

07.06.2025



В.В. Ніколаєнко
(ініціали, прізвище, власноруч)