

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА
Навчально-науковий Інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему **Прес-гранулятор у складі лінії**
з виробництва керамічної цегли

Виконав: здобувач вищої освіти
3 курсу, групи **ГМ 2023-1у**
напряму підготовки (спеціальності)
133 – Галузеве машинобудування

Котляров Даніїл Романович
(прізвище та ініціали)

Керівник **Куласенко О.О. к.т.н., доц.**
(прізвище та ініціали, наук. ступ., вч. звання)

Рецензент **Саєнко Л.В. к.т.н., доц.**
(прізвище та ініціали, наук. ступ., вч. звання)

Харків – 2026

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**Навчально-науковий Інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури**

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Галузі знань 13 – Механічна інженерія

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри АКІТ

 **БАРАНОВ О. О.**

« 22 » червень 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Котлярову Даніїлу Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти)

1. Тема роботи Прес-гранулятор у складі лінії з виробництва керамічної цегли

затверджені наказом університету від « 22 » травня 2026 року № 440-03

Керівник роботи Кулаєнко Олег Олександрович канд. техн. наук, доц.

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

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи « 20 » червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Лінія з виробництва керамічної цегли методом пластичного формування. Продуктивність: 15 млн шт/рік. Головне обладнання – прес-гранулятор.

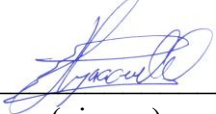
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Аналіз проблеми (призначення та властивості продукції, вибір сировинних матеріалів, вибір способу виробництва, технологічна схеми виробництва та її опис, режим роботи підприємства). Основна частина (аналіз існуючого прототипу, технічний опис об'єкта проектування). Спеціальна частина (розрахунок преса-гранулятора, розрахунок змішувача преса-гранулятора, ремонт та обслуговування машини, особливості експлуатації машини та її основних вузлів, мащення обладнання). Охорона праці (виробнича санітарія, техніка безпеки, пожежна безпека). Висновки. Перелік використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Технологічна схема. Загальний вид обладнання 2 арк. Вузол шнекового валу в зборі. Вузол насадка-гранулятора в зборі. Деталювання: грати-гранулятор

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз проблеми	доц. Кулаєнко О.О.	25.05	 12.06
Основна частина	доц. Кулаєнко О.О.	25.05	 12.06
Спеціальна частина	доц. Кулаєнко О.О.	25.05	 12.06
Охорона праці	доц. Рогозін А.С.	25.05	 12.06

7. Дата видачі завдання « 25 » травня 2026 р.

Керівник 
(підпис)

Завдання прийняв до виконання 
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання розділів	Примітка
1	Аналіз проблеми	до 29.05	
2	Основна частина	до 05.06	
3	Спеціальна частина	до 12.06	
4	Охорона праці	до 12.06	

Здобувач вищої освіти 
(підпис)

Керівник 
(підпис)

РЕФЕРАТ

У роботі розглядається використання пресу-гранулятора у складі лінії з виробництва керамічної цегли методом пластичного формування

Структура роботи представлена вступом, 4 розділами, висновками і переліком посилань.

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, 4 розділів, висновки та переліку посилань. Повний обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра становить 81 сторінку, в тому числі: 15 рисунків; 5 таблиць; перелік посилань з 25 найменувань на 2 сторінках.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: керамічна цегла, пластичне формування, сировина, прес-гранулятор, грати, змішувач, ремонт, обслуговування, мащення, техніка безпеки.

ABSTRACT

The work considers the use of a granulator press as part of a line for the production of ceramic bricks by the method of plastic molding

The structure of the work is presented by an introduction, 4 sections, conclusions and a list of references.

The bachelor's final qualification work consists of an introduction, 4 sections, conclusions and a list of references. The full volume of the bachelor's final qualification work is 81 pages, including: 15 figures; 5 tables; a list of references with 25 names on 2 pages.

KEYWORDS: ceramic bricks, plastic molding, raw materials, granulator press, grate, mixer, repair, maintenance, lubrication, safety precautions.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ	8
1.1 Призначення та властивості продукції	8
1.2 Вибір сировинних матеріалів	9
1.3 Вибір способу виробництва	11
1.4 Технологічна схеми виробництва та її опис	14
1.5 Режим роботи підприємства	17
1.6 Розрахунок та вибір кількості технологічного обладнання	25
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	25
2.1 Аналіз існуючого прототипу	25
2.2 Технічний опис об'єкта проєктування	28
3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	36
3.1 Розрахунок преса-гранулятора	38
3.2 Розрахунок змішувача преса-гранулятора	41
3.3 Ремонт та обслуговування машини	48
3.4 Мащення обладнання	64
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	66
4.1 Виробнича санітарія	66
4.2 Заходи безпеки	73
4.3 Пожежна безпека	75
ВИСНОВКИ	79
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80

ВСТУП

Актуальність теми дослідження.

Вироби на основі глинистої сировини широко застосовуються під час зведення житлових, громадських і промислових будівель, а також для виконання облицювальних робіт.

Виробництво керамічної цегли є складним багатостадійним процесом, який включає видобування та підготовку сировини, формування виробів, сушіння, випал і складування готової продукції.

Мета дослідження – підвищення ефективності роботи технологічної лінії з виробництва керамічної цегли методом пластичного формування.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні **завдання**:

1. обрати сировинні матеріали;
2. розроблено технологічну схему виробництва;
3. підібрати основне технологічне обладнання;
4. провести аналіз конструкції преса-гранулятора;
5. визначити недоліки існуючих рішень та запропонувати напрями їх удосконалення

Об'єкт дослідження – прес-гранулятор

Предмет дослідження – додаткове перемішування, ущільнення, гомогенізація та гранулювання глиняної маси перед її подачею на стрічковий прес

Практичне значення отриманих результатів.

Особливого значення набуває вдосконалення обладнання для підготовки керамічної маси. Одним із ключових агрегатів технологічної лінії є прес-гранулятор, який забезпечує додаткове перемішування, ущільнення, гомогенізацію та гранулювання глиняної маси перед її подачею на основний прес. Від ефективності роботи цього обладнання значною мірою залежать якість сировинної маси, стабільність технологічного процесу та фізико-механічні властивості готової продукції.

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ

1.1 Призначення та властивості продукції

Керамічною цеглою називають штучні кам'яні матеріали та вироби, отримані в результаті технологічної переробки мінеральної сировини з подальшим термічним випалом.

Термін «кераміка» походить від грецького слова «keramos», що означає «глина».

Залежно від функціонального призначення керамічні вироби поділяють на такі основні групи:

- стінові;
- облицювальні;
- покрівельні;
- вироби для підлог;
- вироби для перекриттів.

Керамічну цеглу та інші керамічні вироби, відповідно до сфери застосування, виготовляють рядовими та лицювальними.

Лицьові поверхні облицювальної цегли можуть бути:

- гладкими;
- рифленими;
- фактурними;
- природного кольору;
- декоративно пофарбованими.

Крім того, облицювальні вироби повинні мати не менше двох лицьових поверхонь.

Габаритні розміри стандартної керамічної цегли становлять 250×120×65 мм, а розміри найбільш поширених керамічних лицьових каменів – 250×120×138 мм.

Відповідно до чинного в Україні стандарту ДСТУ Б EN 771-1:2016 «Вироби стінові. Частина 1. Керамічні камені», керамічна цегла класифікується

за показниками міцності, морозостійкості, водопоглинання та середньої густини.

За показниками міцності керамічна цегла може відповідати класам, еквівалентним маркам 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250 та 300. Межа міцності при стиску та вигині повинна відповідати вимогам нормативної документації залежно від типу виробу та способу формування.

Водопоглинання керамічної цегли повинно перебувати в межах 6–14 %, що забезпечує необхідні показники морозостійкості та довговічності виробів.

За морозостійкістю керамічні вироби повинні відповідати маркам: F15, F25, F35 та F50.

Керамічна цегла характеризується високою довговічністю, атмосферостійкістю, вогнестійкістю та екологічною безпечністю, що забезпечує її широке застосування у сучасному будівництві.

1.2 Вибір сировинних матеріалів

Основною сировиною для виробництва керамічних будівельних матеріалів є глинисті породи та різноманітні технологічні добавки.

Залежно від функціонального призначення добавки поділяються на:

- отощувальні;
- пороутворювальні;
- плавні;
- пластифікувальні.

Глиниста сировина – глини та каоліни – являє собою продукт вивітрювання польовошпатових магматичних порід із вмістом домішок інших мінералів та гірських порід.

Глинисті частинки розміром до 0,005 мм забезпечують здатність сировинної маси при змішуванні з водою утворювати пластичне тісто, яке після сушіння зберігає задану форму, а після випалу набуває водостійкості та механічної міцності.

Основними мінералами глинистої сировини є:

- каолінит;
- дикіт;
- накрит;
- монтморилоніт;
- бейделіт;
- іліт.

Середній оксидний склад глин, %:

- SiO_2 – 45–80 %;
- Al_2O_3 – 8–28 %;
- Fe_2O_3 – 2–15 %;
- CaO – 0,5–25 %;
- MgO – 0–4 %;
- $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – 0,3–5 %.

Втрати при прожарюванні залежать від мінералогічного складу та вмісту органічних домішок.

Для виробництва будівельної кераміки важливим показником є температура плавлення глин, відповідно до якої їх поділяють на:

- а) легкоплавкі – температура плавлення до 1350 °С;
- б) тугоплавкі – до 1580 °С;
- в) вогнетривкі – понад 1580 °С.

У виробництві керамічної цегли найчастіше використовуються легкоплавкі глини, які містять близько 18 % глинозему та до 80 % кремнезему.

Оксиди, що входять до складу глин, по-різному впливають на технологічний процес, температуру випалу та кінцеві властивості готової продукції.

Додаткові матеріали застосовуються для регулювання технологічних властивостей сировинної маси та експлуатаційних характеристик виробів.

До таких матеріалів належать:

- поверхнево-активні речовини та високопластичні глини – для покращення формувальних властивостей;

- золи, металургійні шлаки та вугілля – для інтенсифікації процесу випалу;
- шамот, кварцовий пісок, дегідратована глина та тирса – для покращення процесу сушіння.

Вигоряючі добавки, зокрема тирса та вугілля, сприяють зменшенню середньої густини готових виробів.

Бій скла та залізовмісні добавки підвищують міцність і морозостійкість керамічних виробів, а кухонна сіль сприяє покращенню кольору продукції та нейтралізації вапнякових включень.

Отощувальні добавки застосовують для зниження пластичності сировинної маси та регулювання температури випалу.

Такі добавки переважно складаються з кремнеземистих матеріалів. Вміст частинок розміром понад 2 мм не допускається, а кількість частинок розміром до 0,25 мм не повинна перевищувати 20 %.

1.3 Вибір способу виробництва

Характеристика існуючих способів виробництва керамічної цегли

Незважаючи на різноманітність керамічних виробів за формою, властивостями, призначенням та видом сировини, технологічний процес виробництва має спільні основні етапи:

- видобування сировинних матеріалів;
- підготовка керамічної маси;
- формування виробів;
- сушіння та випал.

Підготовка сировини та спосіб формування значною мірою залежать від властивостей глинистої сировини, типу продукції та виробничої потужності підприємства.

Основними способами підготовки керамічної маси є:

- пластичний;
- напівсухий;
- шлікерний;

- жорсткий.

Обраний спосіб підготовки маси визначає технологію формування та загальну схему виробництва.

Пластичний спосіб виробництва

При пластичному способі вихідні матеріали природної вологості або попередньо висушені компоненти змішують із додаванням води до отримання пластичної маси з вологістю $W = 18\text{--}24\%$.

Даний спосіб є найбільш поширеним у виробництві керамічних будівельних матеріалів завдяки простоті технології, відносно невеликій металоємності обладнання та високій ефективності переробки глинистої сировини.

Пластичний спосіб застосовують для середньопластичних та помірно пластичних глин із незначною кількістю грубих домішок.

Основні технологічні операції:

- грубе подрібнення глини з одночасним видаленням кам'янистих включень;
- тонкий помел на вальцях;
- перемішування сировини у змішувачах;
- формування виробів;
- сушіння;
- випал.

У результаті повного технологічного циклу отримують вироби, що відповідають вимогам чинних стандартів України щодо керамічних будівельних матеріалів.

Напівсухий спосіб виробництва

Напівсухий спосіб застосовують для глин із низькою пластичністю та незначною природною вологістю.

Основні технологічні операції:

- грубе подрібнення сировини;
- сушіння у сушильних барабанах;

- тонкий помел у дезінтеграторах, роторних млинах або бігунах.

Після подрібнення масу зволожують до вологості близько 12 % та направляють на напівсухе пресування з подальшим випалом.

Шлікерний спосіб виробництва

Шлікерний спосіб доцільно застосовувати при використанні високовологих глин або сировини, що добре розмокає у воді та містить значну кількість кам'янистих включень.

Основні технологічні операції:

- грубе подрібнення сировини;
- приготування шлікеру у глинобовтушках або кульових млинах;
- видалення крупних включень за допомогою сит;
- зневоднення шлікеру у баштових сушарках;
- перемішування та доведення вологості маси до необхідного значення.

Жорсткий спосіб формування

Жорсткий спосіб є різновидом пластичної технології виробництва.

Вологість формувальної маси при цьому способі становить 13–18 %. Формування здійснюється на потужних шнекових або гідравлічних пресах.

Сухий спосіб виробництва

Сухий спосіб є різновидом напівсухої технології виробництва керамічних виробів.

Прес-порошок готують із вологістю 2–6 %, що дозволяє практично повністю виключити операцію сушіння.

Такий спосіб використовують переважно для виготовлення щільних виробів для підлог, дорожнього каменю та інших високощільних керамічних матеріалів.

Вибір способу виробництва

У даній роботі розглядається виробництво керамічної цегли методом пластичного формування.

Пластичний спосіб є найбільш раціональним завдяки простоті технологічної схеми, невеликій металоємності обладнання та високій стабільності якості готової продукції.

Формування виробів при пластичному способі здійснюється переважно на стрічкових вакуумних пресах із вакуумуванням та, за необхідності, підігрівом керамічної маси.

Вакуумування та підігрів забезпечують покращення формувальних властивостей сировинної маси, підвищення щільності виробів та зниження кількості технологічних дефектів під час сушіння і випалу.

1.4 Технологічна схеми виробництва та її опис

Структурна технологічна схема виробництва керамічної цегли методом пластичного формування включає послідовний комплекс операцій із підготовки сировини, формування, сушіння та випалу готових виробів.

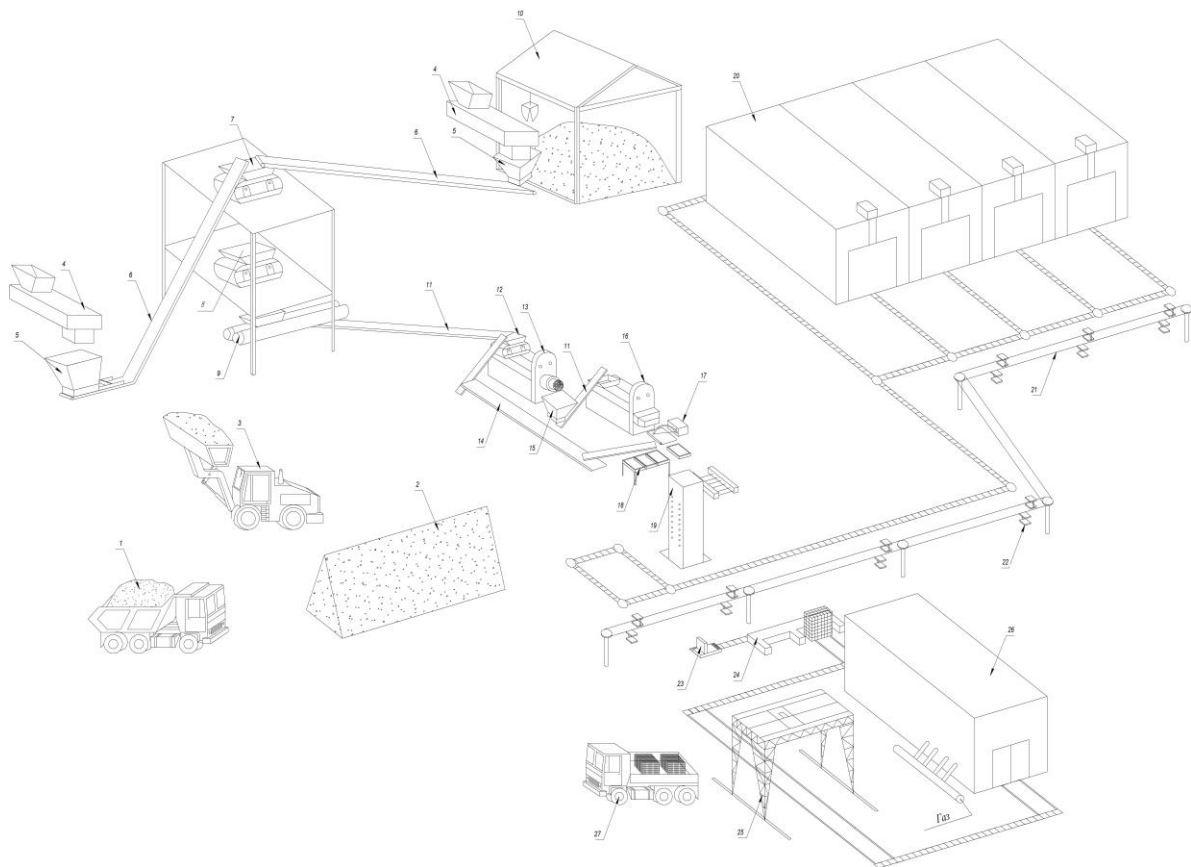


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва керамічної цегли методом пластичного формування

Глина, видобута у кар'єрі, транспортується автомобільним транспортом на склад сировини, де здійснюється її зберігання та вилежування з метою вирівнювання вологості й покращення технологічних властивостей.

За допомогою бульдозера або екскаватора глина подається до глинорозпушувача, у якому великі грудки та злежані маси проходять попереднє подрібнення. Після цього сировина надходить у приймальний бункер.

Стрічковим живильником глина рівномірно подається на каменевидільні вальці, де відбувається очищення маси від кам'янистих включень та сторонніх твердих домішок.

Пластифікувальні добавки, що зберігаються на окремому складі, проходять аналогічний цикл підготовки та разом із глиною надходять до подальших стадій технологічного процесу.

Після очищення сировина подається на вальці грубого помелу, де здійснюється подрібнення глинистої маси до фракції приблизно 15–30 мм.

Далі підготовлена суміш надходить до двовального змішувача, у якому здійснюються:

- змішування компонентів;
- зволоження маси;
- пластифікація;
- гомогенізація сировини.

Однорідна керамічна маса транспортується стрічковим конвеєром до вальців тонкого помелу, які забезпечують остаточне подрібнення частинок до розмірів не більше 4–6 мм.

У процесі тонкого помелу руйнуються водостійкі оболонки мінеральних зерен, активуються молекулярні зв'язки та формується гідратна плівка навколо частинок глини, що забезпечує пластичність, зв'язність та необхідну рухливість формувальної маси.

Підготовлена керамічна маса надходить до преса-гранулятора, де проходить додаткову обробку та набуває гранульованої структури. Після цього маса подається у бункер-накопичувач для вилежування.

Після вилежування керамічна маса транспортується стрічковим конвеєром до стрічкового шнекового вакуумного преса, у якому здійснюється формування безперервного глиняного бруса.

У корпусі преса обертається шнековий вал із гвинтовими лопатями, який:

- переміщує масу;
- ущільнює її;
- транспортує до пресувальної головки.

Під дією тиску 1,6–1,8 МПа глиняна маса видавлюється через мундштук у вигляді безперервної стрічки.

Сформований глиняний брус розрізається автоматичним струнним різальним пристроєм на окремі вироби необхідних розмірів.

Цегла-сирець укладається автоматом-укладальником на сушильні рамки та встановлюється на сушильні вагонетки.

За допомогою поворотного механізму вагонетки завантажуються з різних боків, після чого електропередавальний візок транспортує їх до камер тунельної сушарки.

Кількість камер сушіння визначається продуктивністю підприємства. Для заводу продуктивністю 15 млн шт. цегли на рік необхідна кількість камер становить приблизно 35–45 одиниць.

У процесі сушіння відбуваються три основні стадії:

- прогрівання виробів;
- період сталої швидкості сушіння;
- період спадної швидкості сушіння.

Тривалість сушіння залежить від режиму роботи підприємства та становить 24–72 години.

Після завершення сушіння цегла-сирець перекладається на люльковий конвеєр, який транспортує вироби до дільниці укладання на випалювальні вагонетки.

Після завантаження вагонетки за допомогою штовхача подаються до тунельної печі.

У тунельній прохідній печі здійснюється випал керамічної цегли, основною метою якого є забезпечення необхідної міцності, водостійкості та довговічності виробів.

Технологічний процес випалу умовно поділяється на чотири основні періоди:

- досушування до температури 200 °С;
- підігрів до температури 700–800 °С;
- основний випал при температурі 900–1050 °С;
- охолодження виробів до температури близько 40 °С.

Тривалість випалу залежить від типу печі та технологічного режиму і може становити від 1,5 до 60 годин.

Після завершення випалу вагонетки з готовою продукцією розвантажуються козловим краном та направляються на склад готової продукції або безпосередньо споживачу автомобільним транспортом.

1.5 Режим роботи підприємства

Режим роботи підприємства визначається технологічними особливостями виробництва керамічної цегли, продуктивністю обладнання та прийнятим графіком роботи виробничих підрозділів.

Вихідні дані:

$D = 365$ – кількість календарних днів у році;

$D_n = 105$ – кількість неробочих та святкових днів;

$t = 8$ год – тривалість робочої зміни;

$D_p = 7$ – кількість передсвяткових днів;

$t_c = 2$ год – скорочення тривалості зміни у передсвяткові дні;

$t_v = 36$ год – втрати робочого часу з поважних причин;

$k = 0,87$ – коефіцієнт використання обладнання;

$n = 2-3$ – кількість змін.

Кількість робочих днів: $D_r = 365 - 105 = 260$ днів.

Режим роботи підприємства:

- склад сировини – 2 зміни;
- підготовче відділення – 2 зміни;
- формувальне відділення – 2 зміни;
- сушильне відділення – 3 зміни;
- випалювальне відділення – 3 зміни;
- склад готової продукції – 2 зміни.

Такий режим роботи забезпечує безперервність технологічного процесу та ефективне використання виробничого обладнання.

Розрахунок сировинного матеріального балансу підприємства

Вихідні дані для розрахунку:

- річна продуктивність підприємства – 15 000 000 шт. цегли на рік;
- вміст глини у шихті – 80 %;
- вміст пластифікуючої добавки – 20 %.

Розрахунок матеріального балансу виконується з урахуванням технологічних втрат на всіх стадіях виробництва.

1. Втрати при транспортуванні готової продукції: $x = 0,5 \%$

$$N = N(1 + x) = 15\,075\,000 \text{ шт./рік.}$$

2. Втрати під час випалу: $x = 2 \%$

$$N = 15\,376\,500 \text{ шт./рік.}$$

3. Втрати під час сушіння: $x = 1,5 \%$

$$N = 15\,607\,147,5 \text{ шт./рік.}$$

4. Втрати під час різання та укладання: $x = 3 \%$

$$N = 15\,919\,290,5 \text{ шт./рік.}$$

5. Втрати під час пресування: $x = 3 \%$

$$N = 16\,396\,869,2 \text{ шт./рік.}$$

6. Загальна кількість браку сирцю при пресуванні: $x = 3 \%$

$$N = 477\,578,7 \text{ шт./рік.}$$

7. Втрати при повторному пресуванні: $x = 3 \%$

$$N = 16\,888\,775,2 \text{ шт./рік.}$$

8. Кількість сирцю з урахуванням повернення:

$$N = 16\,435\,075,5 \text{ шт./рік.}$$

9. Маса втрат сирцю: $m = 3,9 \text{ кг}$

$$M = 64\,096 \text{ т.}$$

10. Втрати при тонкому помелі: $x = 0,5 \%$

$$M = 64\,416 \text{ т.}$$

11. Втрати при змішуванні: $x = 0,5 \%$

$$M = 64\,416 \text{ т.}$$

12. Перерахунок продуктивності змішувача за сухою речовиною: $W=20\%$

$$M = 51\,532,8 \text{ т.}$$

13. Кількість пластифікувальної добавки: $W = 10 \%$; $k = 20 \%$

$$M = 11\,451,6 \text{ т.}$$

14. Кількість глини з урахуванням кар'єрної вологості: $W=18\%$; $k=80\%$

$$M = 50\,275,9 \text{ т.}$$

15. Кількість води для зволоження шихти:

$$M = 1543,3 \text{ т.}$$

16. Втрати при транспортуванні пластифікувальної добавки: $x = 0,5 \%$

$$M = 11\,508,8 \text{ т.}$$

17. Втрати при обробці у каменевидільних вальцях: $x = 1 \%$

$$M = 50\,778,6 \text{ т.}$$

18. Втрати при переробці у глинорозпушувачі: $x = 1,5 \%$

$$M = 51\,540,2 \text{ т.}$$

19. Втрати при зберіганні глини: $x = 1 \%$

$$M = 52\,055,6 \text{ т.}$$

Розрахунок матеріального балансу дозволяє визначити необхідну кількість сировини, оцінити технологічні втрати та забезпечити стабільну роботу підприємства з виробництва керамічної цегли.

1.6 Розрахунок та вибір кількості технологічного обладнання

Розрахунок необхідної кількості технологічного обладнання виконується на підставі річної продуктивності підприємства, технічних характеристик машин та коефіцієнтів використання обладнання.

Кількість одиниць обладнання визначається за формулою:

$$n = \frac{Q_{\text{год}}}{8760 \cdot q \cdot k_{\text{зм}} \cdot k_{\text{вик.}}}$$

де: Q – річна продуктивність підприємства;

q – годинна продуктивність обладнання;

$k_{\text{зм}}$ – коефіцієнт змінності;

$k_{\text{вик}}$ – нормативний коефіцієнт використання обладнання.

для однозмінного режиму: $k_{\text{зм}} = 0,33$;

для двозмінного: $k_{\text{зм}} = 0,66$;

для тризмінного: $k_{\text{зм}} = 0,99$.

Нормативний коефіцієнт використання обладнання: $k_{\text{вик}} = 0,8$.

Вихідні дані для розрахунку:

- річна продуктивність підприємства – 15 000 000 шт. цегли;
- маса однієї цеглини – 3,5 кг;
- середня густина матеріалу – 1,5 кг/м³.

Переведення річної продуктивності:

$$Q = 15\,000\,000 \times 3,5 = 52\,500\,000 \text{ кг/рік};$$

$$Q = 52\,500 \text{ т/рік};$$

$$Q = 35\,000 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

1. Каменевидільні вальці

Тип обладнання – 1198Б.

Продуктивність – 30 м³/год.

Потужність електродвигуна – 43 кВт.

Розрахункова кількість:

$$n = \frac{35000}{8760 \cdot 30 \cdot 0,66 \cdot 0,8} = 0,26 \approx 1,$$

Приймається одна одиниця каменевидільних вальців.

2. Вальці грубого помелу

Тип – СМК-517.

Продуктивність – 28 м³/год.

Потужність привода – 50 кВт.

Розрахункова кількість:

$$n = \frac{35000}{8760 \cdot 28 \cdot 0.66 \cdot 0.8} = 0,33 \approx 1$$

Приймається один комплект вальців грубого помелу.

3. Вальці тонкого помелу

Тип – СМ-1096Б.

Продуктивність – 25 м³/год.

Потужність електродвигуна – 52 кВт.

Розрахункова кількість:

$$n = \frac{35000}{8760 \cdot 25 \cdot 0.66 \cdot 0.8} = 0,31 \approx 1,$$

Приймається один комплект вальців тонкого помелу.

4. Двовальний лопатевий змішувач

Тип – СМС-95А-1.

Продуктивність – 95 м³/год.

Потужність електропривода – 55 кВт.

Розрахункова кількість:

$$n = \frac{35000}{8760 \cdot 95 \cdot 0.66 \cdot 0.8} = 0,07 \approx 1,$$

Приймається один двовальний лопатевий змішувач.

5. Прес-гранулятор

Тип – СМК-502.

Продуктивність – 5500 шт./год.

Потужність електродвигуна – 75 кВт.

Перерахунок продуктивності:

$$Q_{пр.-гр.} = 5500 \text{ шт./час};$$

$$Q_{пр.-гр.} = 5500 \cdot 3.5 = 21000 \text{ кг/час};$$

$$Q_{np.-zp.} = \frac{21000}{1000} = 21 \text{ т/час};$$

$$Q_{np.-zp.} = \frac{21}{1,4} = 15 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Розрахункова кількість обладнання:

$$n = \frac{35000}{8760 \cdot 15 \cdot 0,66 \cdot 0,8} = 0,54 \approx 1,$$

Приймається один прес-гранулятор.

6. Стрічковий вакуумний шнековий прес

Тип – СМК-502.

Продуктивність – 5500 шт./год.

Потужність електропривода – 95 кВт.

Продуктивність преса:

$$Q_{np.} = 5500 \text{ шт/год} = 15 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахункова кількість:

$$n = \frac{35000}{8760 \cdot 15 \cdot 0,66 \cdot 0,8} = 0,54 \approx 1,$$

Приймається один стрічковий вакуумний шнековий прес.

7. Тунельна випалювальна піч

Розрахункова продуктивність:

$$Q = 15\,376\,500 \text{ шт./рік}.$$

Перерахунок продуктивності:

$$Q_{печи} = 15376500 \text{ шт/рік} \cdot 3,5 = 53817750 \text{ кг/рік};$$

$$Q_{печи} = \frac{53817750}{1000} = 53817 \text{ т/ рік};$$

$$Q_{печи} = \frac{53817}{1,5} = 35878 \text{ м}^3/\text{рік} \approx 4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахункова кількість:

$$n = \frac{35000}{8760 \cdot 4 \cdot 0,99 \cdot 0,9} = 1,1,$$

Для забезпечення безперервності виробництва приймається одна тунельна випалювальна піч.

Визначення продуктивності цехів підприємства

Продуктивність виробничих цехів визначається на підставі результатів розрахунку матеріального балансу підприємства.

Отримані розрахункові показники використовуються для визначення навантаження окремих технологічних ділень, вибору обладнання та організації виробничого процесу.

Показники продуктивності визначаються: за рік; за добу; за зміну; за годину.

Таблиця 1.1 – Показники продуктивності

	Річна продуктив- ність	Добова продуктив- ність	Змінна продуктив- ність	Годинна продуктив- ність
Склад сировини	6315 т	24,1 т	12,05 т	1,506 т
Підготовче відділення	64 416 т	245,8 т	122,9 т	15,3 т
Формувальне відділення	16 396 869,2 шт	62 583,4 шт	31 291,7 шт	3911,4 шт
Сушильне відділення	15 607 147,6 шт	59 569,2 шт	19 856,4 шт	2482 шт
Випалювальне відділення	15 376 500 шт	58 688,9 шт	19 562,9 шт	2445 шт
Склад готової продукції	15 075 000 шт	57 538,1 шт	28 769,08 шт	3596,1 шт

Отримані показники продуктивності забезпечують можливість оцінювання ефективності роботи окремих виробничих ділень та узгодження продуктивності технологічного обладнання між собою.

Розрахунок та вибір транспортного обладнання

Для транспортування глиняної маси від бункера-накопичувача до пресового обладнання передбачається використання стрічкового конвеєра.

Оскільки продуктивність технологічної лінії є відносно невеликою, приймається ширина стрічки: $B = 500$ мм.

1. Визначення швидкості руху стрічки

Швидкість стрічки визначається за розрахунковою залежністю:

$$V = \frac{\Pi}{C_n \cdot B^2} = \frac{45.36}{288 \cdot 0.5^2} = 0.21 \text{ м/с}$$

2. Визначення продуктивності конвеєра

Продуктивність стрічкового конвеєра:

$$\Pi = V \cdot C_n \cdot B^2 = 0.63 \cdot 288 \cdot 0.5^2 = 15.12 \text{ м}^3/\text{год.}$$

3. Визначення потужності привода конвеєра

Потужність електропривода визначається за формулою:

$$N_0 = k(c \cdot L^2 \cdot V) + 0.00015 \Pi \cdot L^2 + \frac{\Pi \cdot H}{367} =$$
$$= 1.25(0.018 \cdot 9.06 \cdot 0.63) + 0.00015 \cdot 15.12 \cdot 9.06 + \frac{15.12 + 4.2}{367} \approx 1$$

де: k – коефіцієнт, що враховує довжину конвеєра; $k = 1.25$;

c – коефіцієнт, який залежить від ширини стрічки; $c = 0.018$.

Довжина конвеєра:

$$L_2 = \cos \beta \cdot L = 9.06 \text{ м.}$$

Кут нахилу конвеєра: $\alpha = 25^\circ$.

Висота підйому матеріалу:

$$H = \sin \beta \cdot L = 4.2 \text{ м.}$$

Розрахункова потужність привода конвеєра:

$$N = \frac{N_0}{\eta} = \frac{1.088}{0.86} = 1.2 \text{ кВт.}$$

Для забезпечення роботи стрічкового конвеєра обирається електродвигун типу 4АМ90L6У3 з такими технічними характеристиками:

- номінальна потужність – 1,5 кВт;
- частота обертання – 1000 об/хв.

Обране транспортне обладнання забезпечує безперервне та стабільне транспортування сировини у межах технологічної лінії виробництва керамічної цегли.

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз існуючого прототипу

Преси-гранулятори широко застосовуються у промисловості будівельних матеріалів, насамперед у виробництві керамічної цегли пластичного формування. Це пояснюється необхідністю підвищення якості готової продукції, покращення структурної однорідності керамічної маси та забезпечення стабільності технологічного процесу. Додатковим фактором є недостатньо високі технологічні властивості глинистої сировини, яка використовується на багатьох підприємствах України.

Для оцінювання технічного рівня сучасного обладнання виконано аналіз існуючих конструкцій пресів-грануляторів на основі літературних джерел, патентного пошуку та технічної інформації виробників.

Прес-гранулятор призначений для пластичного формування гранул із попередньо підготовлених керамічних мас, очищених від сторонніх включень. Сировиною для даної машини є глини нормальної вологості, які пройшли обробку у масозаготівельних агрегатах, рівномірно зволожені та очищені від металевих включень.

Одним із найбільш ефективних варіантів використання преса-гранулятора є його встановлення у технологічній лінії виробництва керамічної цегли безпосередньо перед шихтозапасником. У процесі проходження через шнекові органи преса відбувається інтенсивне перемішування, додаткове ущільнення та гомогенізація глиняної маси, що позитивно впливає на якість шихти після вилежування.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики преса-гранулятора

1. Продуктивність по керамічній масі, т/год	33
2. Діаметр гранул, мм	18-20
3. Частота обертання шнекового валу, об/хв	25 ± 1
4. Боковий тиск у пресувальній головці, МПа	1,6

5. Діаметр шнека на виході, мм	450-7
6. Маса, кг	9280
7. Габаритні розміри, мм:	
довжина	4390
ширина	3240
висота	1620
8. Встановлена потужність електродвигунів, кВт	76,5

Прес-гранулятор СМК-502 застосовується у складі технологічних ліній виробництва керамічних матеріалів методом напівсухого пресування, а також для гранулювання різноманітних пластичних і сипких матеріалів.

Машина призначена для ущільнення попередньо підготовленої керамічної маси та її видавлювання через формувальні отвори у вигляді гранул.

До складу конструкції входять:

- редуктор привода преса;
- редуктор змішувача;
- зубчасті муфти;
- пневматичні муфти;
- вакуумна камера з лабіринтовим ущільненням.

Використання стандартизованих редукторів, що виготовляються на спеціалізованих машинобудівних підприємствах, забезпечує високу експлуатаційну надійність та довговічність роботи обладнання.

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики
преса-гранулятора СМК-502:

1. Продуктивність по керамічній масі, т/год	36
2. Діаметр гранул, мм	14-20
3. Довжина гранул, мм	30 ± 5
4. Частота обертання шнекового валу, об/хв	25 ± 1
5. Тиск у пресувальній головці, МПа	2

6. Діаметр шнеку на виході, мм	450
7. Загальна маса, кг	18845
8. Питоме споживання електроенергії, кВт·год/т	4
9. Габаритні розміри, мм:	
довжина	8215
ширина	3400
висота	2190
10. Встановлена потужність електропривода, кВт	147,2

Проведений аналіз конструктивних та експлуатаційних характеристик пресів-грануляторів дозволив встановити ряд суттєвих недоліків існуючого обладнання.

Першим недоліком є значне енергоспоживання преса-гранулятора СМК-502. Потужність електропривода 147,2 кВт призводить до збільшення експлуатаційних витрат та підвищення собівартості продукції.

Другим недоліком є надлишкова продуктивність обладнання. Продуктивність обох моделей перевищує 32 т/год, тоді як більшість підприємств із виробництва керамічної цегли мають реальну потребу у продуктивності близько 20–22 т/год.

Третім недоліком є значні габаритні розміри та велика маса преса-гранулятора СМК-502, що суттєво ускладнює його транспортування, монтаж та встановлення у виробничих приміщеннях старих цегельних заводів.

Четвертим недоліком є нестабільність геометричних параметрів гранул, що пояснюється нерівномірністю тиску у пресувальній зоні.

П'ятим недоліком є недостатня увага до конструкції, матеріалу та геометричних параметрів гранулювальної решітки, яка значною мірою визначає якість гранулювання та довговічність роботи обладнання.

На підставі виконаного аналізу визначено основні напрями вдосконалення конструкції преса-гранулятора:

- зменшення енергоспоживання;

- зниження маси та габаритних розмірів;
- удосконалення конструкції гранулювальної решітки;
- підвищення ремонтпридатності;
- забезпечення стабільності параметрів гранул.

2.2 Технічний опис об'єкта проєктування

Призначення, опис конструкції та принцип дії преса-гранулятора

Прес-гранулятор належить до машин безперервної дії та використовується у керамічній промисловості для виробництва керамічної цегли.

Основним призначенням преса-гранулятора є додаткова механічна обробка глиняної маси, її гомогенізація, доущільнення, доуволоження та формування гранульованої структури, що дозволяє підвищити якість сировини та покращити фізико-механічні характеристики готової продукції.

Сировиною для роботи обладнання є:

- глини нормальної вологості;
- пластичні глиняні маси;
- пластифікувальні добавки;
- попередньо очищена сировина без металевих включень.

Базовою машиною для проєктування обрано стрічковий вакуумний шнековий прес типу СМК-502.

До складу преса-гранулятора входять:

- змішувач;
- вал змішувача;
- муфти;
- електродвигуни;
- редуктори;
- корпус вакуумної камери;
- нагнітальний валок;
- корпус преса;

- вал преса;
- шнек;
- клинопасова передача;
- зубчаста передача;
- гранулювальна решітка.

Основним робочим органом машини є шнековий вал. Конструкція шнека забезпечує:

- транспортування матеріалу;
- перемішування;
- ущільнення;
- продавлювання маси через отвори гранулювальної решітки.

Конструкція шнеків та їх розташування забезпечують зручність демонтажу, ремонту та заміни окремих вузлів.

У проєктованій конструкції передбачено такі зміни:

- заміну електродвигунів на менш енергоємні моделі;
- встановлення двосторонньої гранулювальної решітки;
- відмову від вакуумування із збереженням корпусу вакуумної камери.

Двигун змішувача через клинопасову передачу передає крутний момент на редуктор, який через зубчасту муфту приводить у рух вал змішувача.

Лопаті змішувача забезпечують:

- перемішування глиняної маси;
- її доуволоження;
- переміщення матеріалу до вакуумної камери.

Корпус вакуумної камери у даній конструкції виконує функцію захисного кожуха та спрямовує потік глиняної маси до нагнітального валка.

Двигун преса-гранулятора через клинопасову передачу передає крутний момент на редуктор та вал преса.

Зубчаста передача з'єднує вал преса-гранулятора з валом нагнітального валка та забезпечує його обертання.

Нагнітальний валок забезпечує:

- рівномірне подавання матеріалу;
- стабілізацію потоку глиняної маси;
- подавання сировини під заданим кутом до шнека.

Після нагнітального валка глиняна маса надходить до шнека преса-гранулятора, де відбуваються:

- перемішування;
- ущільнення;
- усереднення;
- розпушення;
- продавлювання матеріалу до решітки.

Гранулювальна решітка кріпиться болтовими з'єднаннями до корпусу преса та має отвори заданого діаметра, розташовані по колу.

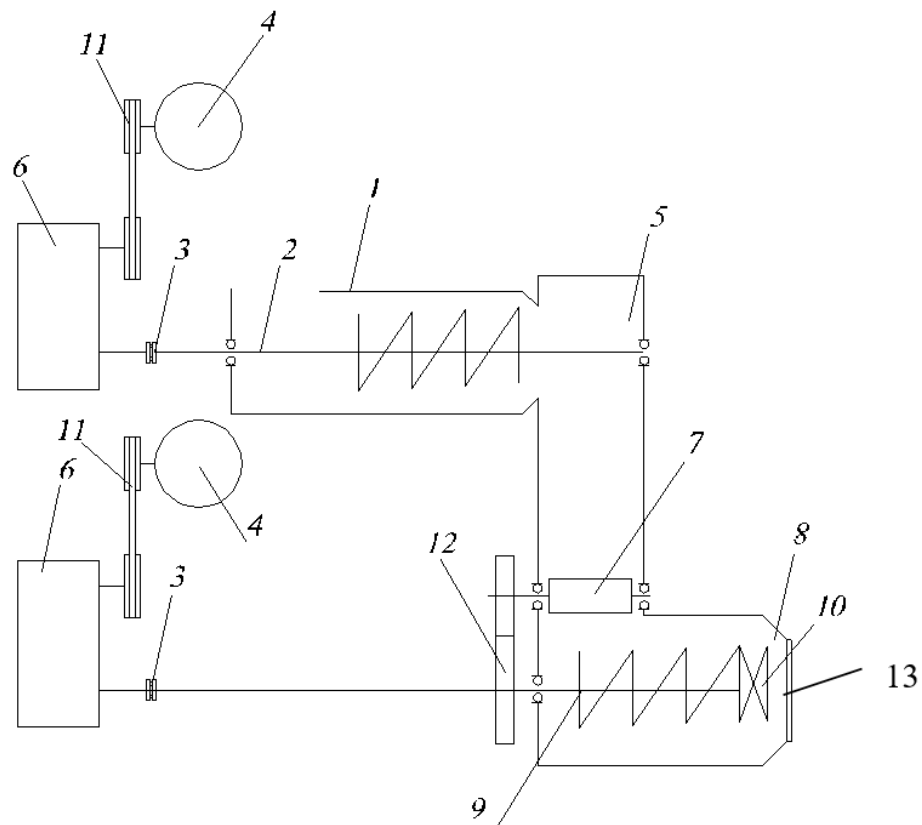
Під тиском близько 1,6 МПа глиняна маса продавлюється через отвори решітки та набуває гранульованої форми.

Під час проходження через отвори решітки частинки матеріалу додатково:

- диспергуються;
- ущільнюються;
- гомогенізуються;
- набувають однорідних властивостей.

Конструкція двосторонньої решітки дозволяє у разі засмічення швидко замінити робочу поверхню без повної зупинки технологічної лінії.

Після завершення процесу гранулювання підготовлена глиняна маса у вигляді гранул надходить до бункера для вилежування, а далі транспортується на наступні стадії технологічного процесу виробництва керамічної цегли.



- 1 – Змішувач преса-гранулятора; 2 – Вал змішувача преса-гранулятора; 3 – Муфти преса-гранулятора; 4 – Двигун змішувача та преса-гранулятора; 5 – Корпус вакуумкамери преса-гранулятора;
- 6 – Редуктор змішувача та преса-гранулятора; 7 — Нагнітальний валок преса-гранулятора; 8 – Корпус преса-гранулятора; 9 – Вал преса-гранулятора; 10 – Шнек преса-гранулятора; 11 – Клиноремінна передача преса-гранулятора; 12 – Зубчаста пара. 13 – Решітка преса-гранулятора.

Рисунок 2.1 – Кінематична схема преса-гранулятора

3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок преса-гранулятора

Вихідними даними для розрахунку преса-гранулятора є геометричні параметри виробу, фізико-механічні характеристики керамічної маси та технологічні параметри процесу формування.

Розміри виробу, м: $a \times b \times h = 0,250 \times 0,120 \times 0,075$.

Пустотність виробу: $k = (0-35 \%)$.

Характеристика керамічної шихти:

$k = (0,92-0,95)$ – коефіцієнт зменшення розмірів під час сушіння та випалу, приймаємо: $k = 0,93$;

$W = (16-24) \%$ – вологість шихти;

$q = 1,6$ МПа – тиск у пресувальній головці;

$f = (0,24-0,4)$ – коефіцієнт тертя глини по поверхні шнека під тиском q ;

$k = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує втрати від браку, відходи при різанні бруса та інші технологічні втрати.

Визначення продуктивності преса-гранулятора

Необхідну продуктивність Π у тисячах штук за годину (3–10) переводять в об'ємну продуктивність Q за відповідною залежністю:

$$Q_{\Pi} = \frac{1000 \cdot \Pi \cdot a \times b \times h \cdot \left(\frac{1-k_{\text{пус}}}{100} \right)}{3600 \cdot K_{\text{ус}} \cdot K_{\text{вт}}} =$$
$$= \frac{1000 \cdot 5 \cdot 0,25 \cdot 0,12 \cdot 0,075 \cdot \left(\frac{1-10}{100} \right)}{3600 \cdot 0,93 \cdot 0,9} = 0,00336 \approx 3,36 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

Отже, продуктивність преса-гранулятора повинна бути більшою за продуктивність основного преса, оскільки прес-гранулятор встановлюється у технологічній лінії перед основним пресом та працює разом із бункером-накопичувачем.

Визначаємо продуктивність преса-гранулятора:

$$Q_{\text{пр. - гр}} = Q_{\Pi} \cdot 1,2 = 0,00336 \cdot 1,2 \approx 0,0041 \approx 4,32 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

Об'ємна продуктивність преса як машини безперервної дії визначається за формулою:

$$Q = \frac{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \cdot (S - b) \cdot n \cdot \kappa_3}{60} =$$

$$= \frac{3,14 \cdot (0,43^2 - 0,17^2) \cdot (0,24 - 0,02) \cdot 25 \cdot 0,3}{4 \cdot 60} = 0,0038 \approx 3,38 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Отже:

$$Q_{\text{пр. - гр.}} = Q_{\text{п}} \cdot 1,2 = 0,0038 \cdot 1,2 = 0,0046 \approx 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

Перевірка умови контролю:

$$Q_{\text{п}} = 4,3 \cdot 10^{-3} < 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

Умова виконується.

де: S, b – крок та товщина лопаті останньої секції шнека, м:

$$S = (0,5 - 0,7) = 0,24; \quad b = (0,02) = 0,02.$$

Орієнтовний діаметр шнека визначається за графіком залежності об'ємної продуктивності від діаметра шнека.

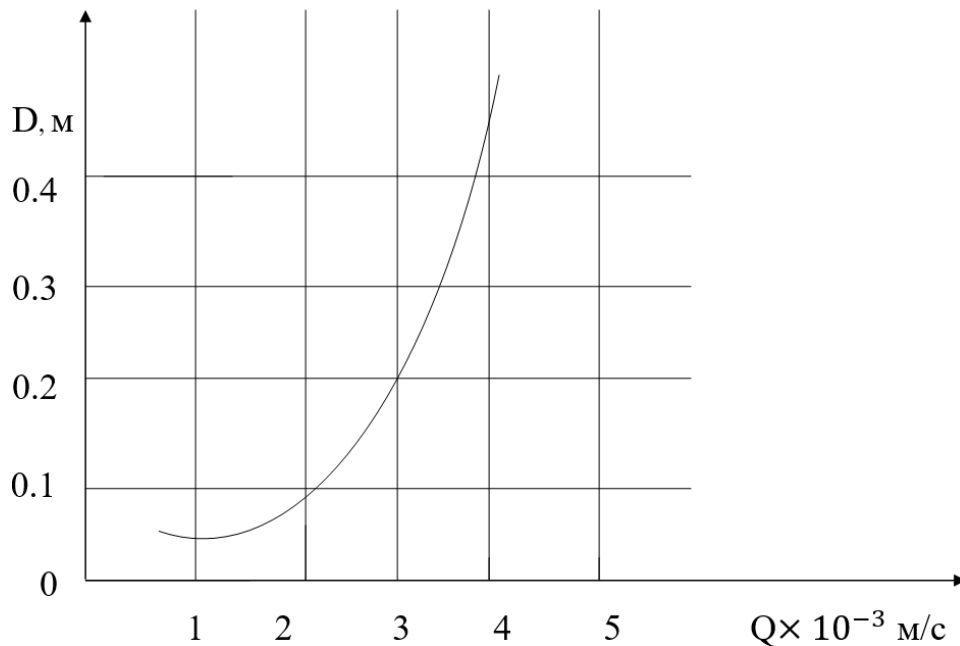


Рисунок 3.1 – Графік для вибору орієнтовного діаметра шнека за об'ємною продуктивністю

Приймаємо за графіком: $D = 0,43$ м.

$n = (20 - 30)$ об/хв – частота обертання шнекового валу, приймаємо: $n = 25$ об/хв.

$k = 0.3$ – коефіцієнт, який враховує зменшення середньоосьової швидкості переміщення глиняної маси через переріз останньої секції шнека.

Розміри шнека визначаються за діаметром кінцевої лопаті D :

$$d = (0.35 \div 0.45) \cdot D = 0.4 \cdot 0.45 = 0.17;$$

$$D_3 = D + (0.05 \div 0.1) = 0.43 + 0.1 = 0.55;$$

де: D – діаметр шнека у зоні завантаження глиняної маси зі змішувача.

Глибина каналу шнека:

$$H = \frac{(D-d)}{2} = \frac{(0.43-0.17)}{2} = 0.14 \text{ м};$$

Кути підйому гвинтової лінії:

$$\alpha_D = \frac{\arctg S}{\pi \cdot D} = 0.03 \text{ м};$$

$$\alpha_d = \frac{\arctg S}{\pi \cdot d} = 0.07 \text{ м};$$

$$S_3 = 0.65 \cdot D_3 = 0.65 \cdot 0.55 = 0.37 \text{ м};$$

де: S – довжина зон розриву гвинтової лінії, необхідних для встановлення стержнів провертання.

Розрахунок потужності електродвигуна та його вибір

Потужність $N_{\Sigma ш}$, що витрачається шнеком на створення тиску в глиняній масі, необхідного для подолання опору формувальних органів, втрат на тертя лопатей об глину у зоні максимального тиску, транспортування матеріалу та роботу нагнітальних лопатей або валка, визначається за залежністю:

$$N_{\Sigma ш} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$$

Визначаємо потужність, необхідну для подолання опору формувальних органів:

$$N_1 = \frac{q \cdot Q}{10^3} = \frac{1.6 \cdot 10^3 \cdot 4.3 \cdot 10^{-3}}{10^3} = 6.88 \text{ кВт};$$

де: q – тиск у пресувальній головці;

Q – продуктивність преса-гранулятора.

Складова потужності, пов'язана з тертям кінцевих лопатей об глиняну масу у зоні максимального тиску:

$$N_2 = \frac{2\pi \cdot f \cdot q \cdot (R^3 - r^3) \cdot \omega_{\text{ш}}}{3 \cdot 1000} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.4 \cdot 1.6 \cdot 10^6 \cdot (0.225^3 - 0.085^3) \cdot 2.62}{3000} = 32.9 \text{ кВт};$$

де: R, r – радіус шнека та радіус маточини шнека:

$$R = D/2 = 0.43/2 = 0.225 \text{ м};$$

$$r = d/2 = 0.17/2 = 0.085 \text{ м};$$

ω – кутова швидкість шнека:

$$\omega_{\text{ш}} = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 25}{30} = 2.62 \text{ с}^{-1};$$

Втрати потужності N_3 на транспортування глиняної маси до зони тиску, а також потужність N_4 на роботу нагнітальних пристроїв, порівняно з основними складовими, зазвичай не перевищують 20 % від їх суми та можуть враховуватись спрощено.

Отже:

$$N_{\Sigma\text{ш}} = k_{\text{тр}} \cdot k_{\text{д}} \cdot (N_1 + N_2) = 1.2 \cdot 1.1 + (6.88 + 32.9) = 52.5 \text{ кВт};$$

де: $k_{\text{тр}} = 1,15\text{--}1,3$ – коефіцієнт, який враховує N_3 і N_4 , приймаємо: $k = 1,2$;

$k_{\text{д}} = 1,05\text{--}1,15$ – коефіцієнт, що враховує втрати потужності на тертя у підшипниках та інших елементах привода.

Нормативна умова втрат потужності основним шнеком становить: $N = 10\div 20 \text{ кВт на } 1000 \text{ шт. цегли.}$

Визначаємо фактичні втрати потужності та перевіряємо умову:

$$N_{\text{пот. р.}} = \frac{N_{\Sigma\text{ш}}}{\pi} = \frac{52.5}{5} = 10.5 \text{ кВт/тис.},$$

Умова виконується.

У даному розрахунку приймається індивідуальний привод преса-гранулятора. Такий тип привода широко використовується у конструкціях сучасних пресів та може комплектуватись як серійними редукторами загального призначення, так і спеціалізованими редукторами для конкретної машини.

Остаточна сумарна потужність електродвигуна визначається за формулою:

$$N = \frac{k_{\text{зап}} \cdot N_{\Sigma\text{ш}}}{\eta} = \frac{1.05 \cdot 52.5}{0.85} = 61.7 \text{ кВт};$$

де: $k_{\text{зап}} = 1.05\text{--}1.1$ – коефіцієнт запасу потужності двигуна, приймаємо: $k_{\text{зап}} = 1.05$;

$\eta = 0.85\text{--}0.95$ – коефіцієнт корисної дії привода, приймаємо:

$$\eta = 0.85.$$

Для привода преса-гранулятора обираємо електродвигун типу 4A280S6Y3 із такими технічними характеристиками:

$$N = 75 \text{ кВт}; \quad n = 1000 \text{ об/хв}; \quad \omega = 104 \text{ с}^{-1}; \quad K_{\text{п}} = 1.9; \quad K_{\text{м}} = 1.2.$$

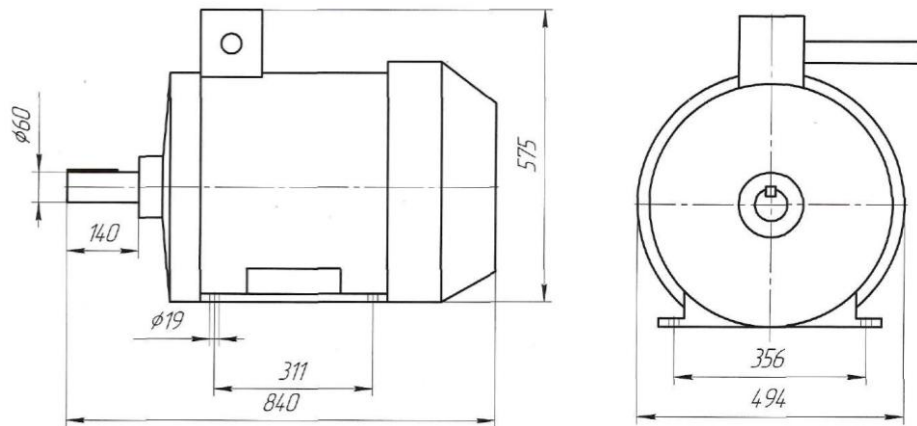


Рисунок 3.2 – Ескіз двигуна тип 4A280S6Y3

Вибір редуктора

Під час вибору та проєктування редуктора необхідно визначити передаточне число привода. Передаточне число редуктора визначається за формулою:

$$U_{\text{р.}} = \frac{\omega_{\text{дв}}}{(\omega_{\text{шн}} \cdot U_{\text{п.п.}})} = \frac{104}{2.62 \cdot 1.4} = 28.8$$

$$\text{де: } \omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3.14 \cdot 1000}{30} = 104 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{\text{шн}} = 2.62 \text{ с}^{-1} \text{ – кутова швидкість шнека};$$

$U_{\text{п.п.}} = 1.4$ – попередньо прийняте передаточне число клинопасової передачі.

Після визначення передаточного числа виконується розрахунок крутного моменту на валу шнека та тихохідному валу редуктора, який з'єднаний із ним зубчастою муфтою:

$$M_{\text{тих}} = \frac{N_d \cdot \eta}{\omega_{\text{ш}}} = \frac{75 \cdot 0.85}{2.62} = 24.3 \text{ КН} \cdot \text{м};$$

$$\text{Фактичне передаточне число: } U_{\text{ред. ф}} = \frac{U_p}{U_{\text{пер}}} = \frac{28.8}{1.4} = 21;$$

де: $U_{\text{ред. ф}}$ – фактичне передаточне число редуктора.

Для привода преса-гранулятора обираємо редуктор типу Ц2Н-500, технічні характеристики якого відповідають умовам роботи механізму.

Основні характеристики редуктора Ц2Н-500:

- передаточне число $U=31.5$, що перевищує розрахункове значення $U=21$;
- допустимий крутний момент $M=45.2 \text{ кН}$, що перевищує розрахункове значення 25 кН ;
- допустиме консольне навантаження на швидкохідному валу – 12.5 кН ;
- допустиме консольне навантаження на тихохідному валу – 80 кН ;
- маса редуктора – 2100 кг .

Застосування редуктора типу Ц2Н-500 забезпечує необхідне передаточне число, надійну передачу крутного моменту та стабільну роботу привода преса-гранулятора.

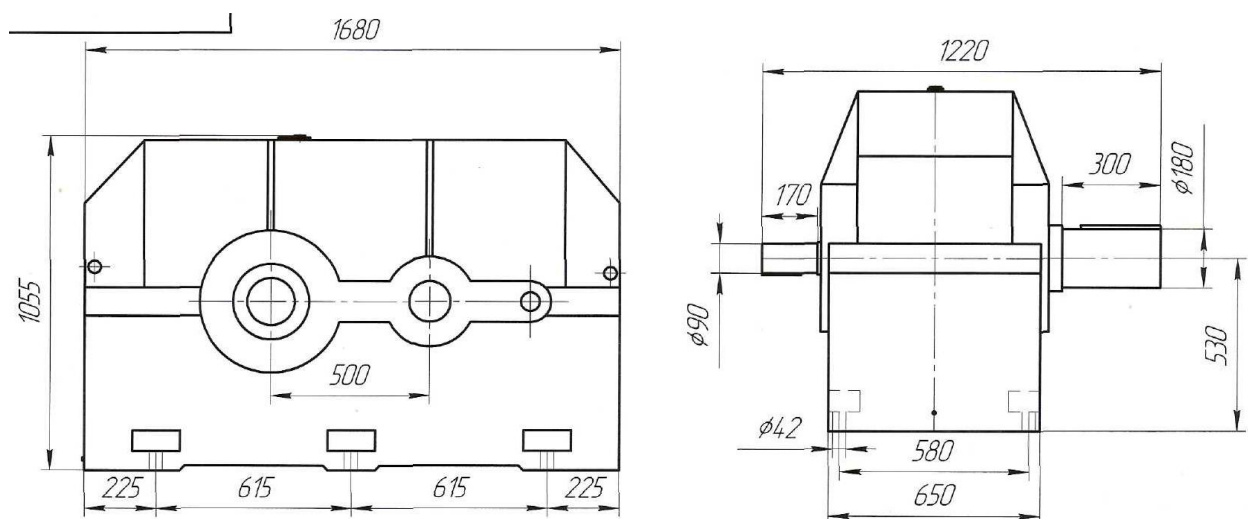


Рисунок 3.3 – Ескіз редуктора типу Ц2Н-500.

Розрахунок клинопасової передачі

Тип паса вибирається за таблицями стандартних клинових пасів залежно від потужності електродвигуна та частоти його обертання.

Вихідні дані для вибору паса: $N = 75$ кВт; $n = 1000$ об/хв.

Для проєктованого привода обираємо пас типу «Г» із такими параметрами: $a = 32$ мм; $a_1 = 27$ мм; $h = 19$ мм.

Приймаємо розрахунковий діаметр малого шківa: $d = 355$ мм.

Визначаємо швидкість руху паса:

$$V = \omega_{\text{шкива}} \cdot R_{\text{ш}} = 102 \cdot 0.178 = 18 \text{ м/с};$$

де: $R_{\text{ш}} = D_{\text{ш}} / 2 = \frac{0.355}{2} = 0.178 \text{ м};$

$$R_{\text{ш}} = D_{\text{ш}} / 2 = \frac{0.355}{2} = 0.178 \text{ с}^{-1}.$$

Діаметр великого шківa клинопасової передачі:

$$d_2 = d_1 \cdot U = 355 \cdot 1.4 = 496 \text{ мм};$$

Визначаємо міжосьову відстань:

$$a = 1.38 (355 + 496) = 1175 \text{ мм};$$

Визначаємо кути обхвату пасом шківів:

$$\lambda = 1800 - 57 \frac{d_2 - d_1}{a} = 1800 - 75 \frac{496 - 355}{1175} = 173^\circ$$

Довжина паса визначається за формулою:

$$\begin{aligned} L &= 2a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = \\ &= 2 \cdot 1175 + \frac{3.14}{2} (496 + 355) + \frac{(496 - 355)^2}{4 \cdot 1175} = 3690 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Приймаємо стандартну розрахункову довжину паса: $l = 3750$ мм.

Виконуємо уточнення міжосьової відстані:

$$\begin{aligned} a &= \frac{\left\{ 2l - \pi(d_1 + d_2) + \sqrt{[2l - \pi(d_1 + d_2)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2} \right\}}{8} = \\ &= \frac{\left\{ 2 \cdot 3750 - 3.14(355 + 496) + \sqrt{[2 \cdot 3750 - 3.14(355 + 496)]^2 - 8(496 - 355)^2} \right\}}{8} = 1204.9 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Визначаємо необхідну кількість пасів.

$$Z = \frac{N}{N_0 \cdot k_1 \cdot k_2} = \frac{75}{13.3 \cdot 0.98 \cdot 0.86} = 6.6 \approx 7 \text{ шт};$$

де: N_0 – потужність, що передається 1 пасом;

$k = 0.98$ – коефіцієнт кута обхвату;

$k = 0.86$ – коефіцієнт режиму роботи та змінності.

Отримані результати розрахунку клинопасової передачі забезпечують правильний вибір елементів привода та необхідну надійність роботи преса-гранулятора у складі технологічної лінії виробництва керамічної цегли.

Вибір розмірів ґрат преса-гранулятора

Під час вибору конструктивних параметрів гранулювальної решітки преса-гранулятора особливу увагу необхідно приділяти зносостійкості та деформаційній стійкості її матеріалу, оскільки робота решітки відбувається під значним тиском глиняної маси.

Одним із найбільш ефективних шляхів підвищення довговічності решітки є раціональний вибір діаметра та схеми розташування формувальних отворів. У проєктованій конструкції преса-гранулятора застосовується кругова схема розташування отворів по концентричних колах.

Необхідний діаметр отворів визначається шляхом порівняння декількох варіантів діаметрів із урахуванням заданого тиску формування та умов течії глиняної маси.

Вихідні дані для розрахунку:

Продуктивність по керамічній масі – $Q = 15 \text{ м}^3/\text{год} \approx 0.0041 \text{ м}^3/\text{сек}$;

Діаметр шнека преса – $D = 430 \text{ мм} \approx 0.43 \text{ м}$,

Перший порівнюваний діаметр отвору решітки – $d = 30 \text{ мм} \approx 0.030 \text{ м}$,

Другий порівнюваний діаметр отворів решітки – $d = 40 \text{ мм} \approx 0.040 \text{ м}$,

Товщина решітки, яка приймається на підставі аналізу існуючих конструкцій – $l = 30 \text{ мм}$;

Визначаємо сумарну площу отворів:

$$F_{\Sigma \text{отв}} = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot z_0 \approx \frac{3.14 \cdot 0.045^2}{4} \cdot 53 = 0.0665 \text{ м}^2;$$

Визначаємо загальну площу решітки:

$$F_{\text{заг}} = \frac{\pi \times D^2}{4} \approx \frac{3.14 \cdot 0.45^2}{4} = 0.1589 \text{ м}^2$$

$$Fn = \frac{\pi \cdot (D^2 - d_2^2)}{4} = \frac{3.14 \cdot (0.45^2 - 0.04^2)}{4} = 0,1577 \text{ м}^2;$$

Визначаємо максимально можливий коефіцієнт живого перерізу:

$$K_{ж. п.} = \frac{F_{\Sigma \text{отв}}}{F_n} = \frac{0.0665}{0.1577} = 0.427$$

Визначаємо швидкість течії глиняної маси через отвори решітки:

$$V_{cp} = \frac{Q}{F_{\Sigma \text{отв}}} = \frac{0.0041}{0.0665} = 0.0616 \text{ м/с} \approx 62 \text{ мм/с}$$

Після визначення основних розрахункових параметрів виконуємо підстановку значень у формулу для визначення тиску течії глиняної маси через решітку з отворами різного діаметра.

Вихідні параметри:

$$v = 0.06 \text{ м/с};$$

$$\mu = 1500000;$$

$$n = 0.95;$$

$$d = 40 \text{ мм};$$

$$d = 30 \text{ мм};$$

$$d = 20 \text{ мм};$$

$$l = 30 \text{ мм};$$

При $d=40 \text{ мм}$:

$$P = \frac{v^{(1-n)} \times \mu \times d^n \times 32 \times l}{8^n \times d^2} = 1.3 \text{ МПа};$$

При $d=30 \text{ мм}$:

$$P = \frac{v^{(1-n)} \times \mu \times d^n \times 32 \times l}{8^n \times d^2} = 1.6 \text{ МПа};$$

При $d=20 \text{ мм}$:

$$P = \frac{v^{(1-n)} \times \mu \times d^n \times 32 \times l}{8^n \times d^2} = 2 \text{ МПа};$$

Таким чином, при робочому тиску $q=1,6 \text{ МПа}$ оптимальний діаметр отворів для течії глиняної маси через решітку преса-гранулятора становить: $d=30 \text{ мм}$.

Запропонована конструкція решітки забезпечує стабільне проходження глиняної маси, зменшує нерівномірність навантаження на шнек та сприяє підвищенню довговічності формувальних елементів.

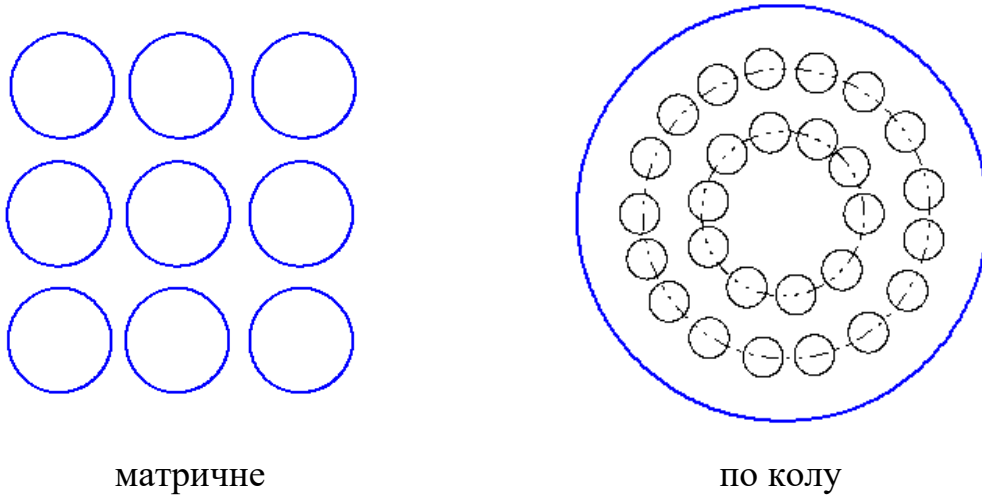


Рисунок 3.4 – Види розташування отворів решітки преса-гранулятора.

3.2 Розрахунок змішувача преса-гранулятора

Для проєктованого змішувача приймаємо розрахунковий діаметр:

$$D=600 \text{ мм}=0.6 \text{ м.}$$

Середня ширина лопатки:

$$b = (0.35) R = 0.4 \cdot 0.12 \text{ м};$$

де: R_3 – радіус змішувача.

$$R_3 = \frac{D}{2} = 0 \frac{0.6}{2} = 0.3 \text{ м};$$

Висота лопатки:

$$h_l = (0.5 \div 0.7) R_c = 0.5 \cdot 0.3 = 0.15 \text{ м};$$

Кут нахилу площини лопаток у напрямку переміщення глиняної маси змінюється у межах: $\alpha = 10 \div 30^\circ$

Крок установлення лопаток:

$$S_l = (0.4 \div 0.6) R_c = 0.4 \cdot 0.3 = 0.12 \text{ м}$$

Висота від осі валу до верхнього краю корита:

$$h_1 = (1.2 \div 1.3) R_c = 1.2 \cdot 0.3 = 0.36 \text{ м};$$

Ширина корита змішувача:

$$B_k = 2R_c + 0.02 = 2 \cdot 0.3 + 0.02 = 0.62 \text{ м};$$

Довжина корита змішувача:

$$L_k = (6 \div 12) R_c = 8 \cdot 0.3 = 2.4 \text{ м};$$

Загальна висота корита:

$$H_k = (2.25 \div 2.35) R_c = 2.25 \cdot 0.3 = 0.675 \text{ м};$$

Крок шнека шнекової головки:

$$S_{ш} = (0.5 \div 0.7) D = 0.5 \cdot 0.6 = 0.3 \text{ м};$$

Товщина лопаті шнека:

$$b = (0.02 \div 0.03) \text{ м, приймаємо } b = 0.02 \text{ м};$$

Довжина шнека:

$$L_{ш} = (1 \div 2) S_{ш} = 1.5 \cdot 0.3 = 0.45 \text{ м};$$

Під час вибору кроку лопаток необхідно забезпечити, щоб його значення приблизно дорівнювало найбільшій ширині лопатки.

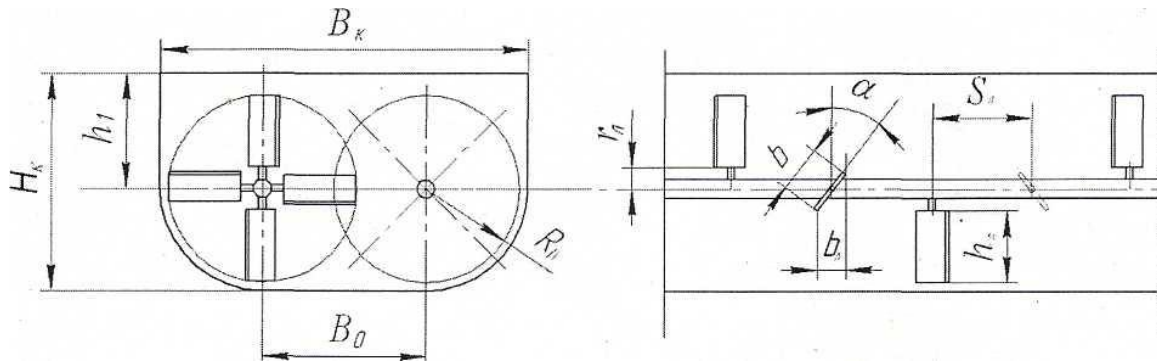


Рисунок 3.5 – Схема для визначення основних розмірів змішувача.

Визначення продуктивності змішувача

Базовою залежністю для визначення продуктивності змішувача є формула, яка використовується під час розрахунку продуктивності пресів.

$$Q_c = F_c \cdot V_c \cdot k_p = 0.18 \cdot 0.045 \cdot 0.6 = 0.00486 \text{ м}^3/\text{с} \geq Q_p = 0.0043 \text{ м}^3/\text{с};$$

де: $k_p = (0.65 \div 0.75)$ – коефіцієнт розпушення, приймаємо $k_p = 0.7$;

V – середньоосьова швидкість переміщення глиняної маси у кориті;

F – площа перерізу глиняної маси у кориті.

Площу перерізу глини у кориті визначаємо за формулою:

$$F_c = \frac{\pi \cdot (D_c^2 - d_c^2) \cdot Z_B \cdot \phi_c}{4} = \frac{3.14 \cdot (0.36 - 0.03) \cdot 1 \cdot 0.7}{4} = 0.18 \text{ м}^2;$$

де: $d_c = 0.3 \cdot D_c = 0.3 \cdot 0.6 = 0.18 \text{ м};$

$Z_B = 1$ – кількість валів у змішувачі;

$\phi_c = (0.6 \div 0.8)$ – коефіцієнт заповнення.

Середньоосьова швидкість переміщення матеріалу вздовж корита:

$$V_c = \frac{S_c \cdot n \cdot K_{\text{пер}} \cdot K_3}{60} = \frac{0.5 \cdot 30 \cdot 0.30 \cdot 0.6}{60} = 0.045 \text{ м/с}$$

де: S – змінний крок умовної гвинтової лінії;

$$S_c = \pi \cdot D_c \cdot \tan \alpha = 3.14 \cdot 0.6 \cdot \tan 15^\circ = 0.5$$

n – частота обертання валу; $n = (20 \div 40)$ об/хв,
приймаємо $n = 30$ об/хв;

$K_{\text{пер}}$ – коефіцієнт переривчастості умовної гвинтової лінії;

$$K_{\text{пер}} = \frac{b_L \cdot \cos \alpha \cdot Z_L}{(\pi \cdot D_c)} = \frac{0.12 \cdot \cos 15^\circ \cdot 5}{3.14 \cdot 0.6} = 0.30$$

K_{3M} – коефіцієнт, який враховує зменшення середньоосьової швидкості руху потоку глини; $K_{3M} = (0.4 \div 0.6)$, приймаємо $K = 0.6$;

Z – кількість лопаток на кроці S_L ;

$$Z_{LK} = \frac{S_c}{S_L} = \frac{0.5}{0.12} = 5 \text{ шт.}$$

Отримані результати розрахунку підтверджують, що конструкція змішувача забезпечує необхідну продуктивність та стабільну подачу глиняної маси до преса-гранулятора.

Розрахунок потужності електродвигуна та його вибір

Загальна потужність привода змішувача складається з потужності, необхідної для роботи лопатевого змішувача, та потужності шнекової головки.

Сумарна потужність визначається за залежністю:

$$N_{\Sigma ш} = N_c + N_{с.р} = 7.1 + 33.4 = 40.5 \text{ кВт};$$

Потужність змішувача визначаємо за аналогічною методикою:

$$N_c = k_n \cdot N_{с.р} = 1.15 \cdot 6.25 = 7.1 \text{ кВт};$$

де: $k_n = (1.15 \div 1.2)$ – коефіцієнт урахування складових потужностей;

$N_{с.р}$ - потужність, яка витрачається на різання глиняної маси всіма лопатками Z_L .

$$N_{с.р} = \frac{\pi \cdot k_q \cdot b_L \cdot \sin \alpha \cdot Z_L \cdot (R_c^2 - r_c^2)}{2 \cdot 60 \cdot 1000} = \frac{3.14 \cdot 0.2 \cdot 10^6 \cdot 0.12 \cdot 0.25 \cdot 30 \cdot 19 \cdot (0.3^2 - 0.15^2)}{120000} = 6.25 \text{ кВт};$$

де: Z_{Σ} - кількість лопаток лопатевих валів;

$$Z_{\Sigma} = \frac{Z_b \cdot (L_c - b_l)}{S_l + 1} = \frac{1 \cdot 1.95 - 0.12}{0.12 + 1} = 19 \text{ шт};$$

r_c - внутрішній радіус лопатки;

$$r_c = R_c - h_l = 0,15 \text{ м};$$

κq = (0.1 ÷ 0.3) МПа – коефіцієнт різання.

Визначаємо потужність шнекової головки. Вона складається з двох складових $N_{с. ш1}$ та $N_{с. ш2}$:

$$N_{\Sigma ш1,2} = N_{сш1} + N_{сш2} = 33.4 \text{ кВт};$$

Потужність, необхідна для створення тиску у шнековій головці:

$$N_{с. ш1} = \frac{q_c \cdot Q}{10^3} = \frac{0.5 \cdot 10^6 \cdot 4.8 \cdot 10^{-3}}{1000} = 2.4 \text{ кВт};$$

де: q_c – тиск у шнековій головці, МПа;

Q – продуктивність змішувача, м³/с.

Потужність, що витрачається на переміщення та ущільнення глиняної маси шнеком:

$$N_{с. ш2} = \frac{Z_b \cdot Z_{ш} \cdot \Pi \cdot f \cdot q \cdot (R^3 - r^3) \cdot \omega_{ш}}{3 \cdot 1000} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 0.4 \cdot 0.5 \cdot 10^6 \cdot (0.3^3 - 0.15^3) \cdot 3.1}{3000} = 31 \text{ кВт};$$

де: $\omega_{сш}$ – кутова швидкість шнека змішувача;

$$\omega_{сш} = \frac{\Pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 30}{30} = 3.1 \text{ с}^{-1}$$

Для привода змішувача обираємо електродвигун типу 4A200L4Y3 із такими технічними характеристиками:

$$N_{дв} = 45 \text{ кВт}; \quad n_{дв} = 1500 \text{ об/хв}; \quad \omega_{дв} = 157 \text{ с}^{-1}; \quad K_{\max} = 2.2.$$

Обраний електродвигун забезпечує необхідний запас потужності та стабільну роботу змішувача преса-гранулятора у складі технологічної лінії виробництва керамічної цегли.

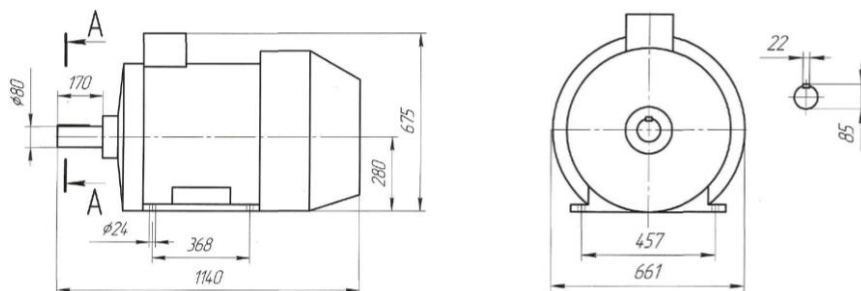


Рисунок 3.6 – Ескіз електродвигуна типу 4A280S6Y3.

Вибір редуктора

Під час вибору та проєктування редуктора необхідно визначити передаточне число привода.

Передаточне число редуктора визначаємо за формулою:

$$U_{ред} = \frac{\omega_{дв}}{(\omega_{шн} \cdot U_{кпп})} = \frac{157}{3.1 \cdot 3.3} = 15.3;$$

де: $\omega_{дв}$ – кутова швидкість двигуна;

$$\omega_{дв} = \frac{\pi \cdot n_{ld}}{30} = \frac{3.14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ с}^{-1}$$

$\omega_{шн}$ – кутова швидкість шнека; $\omega_{шн} = 3.1 \text{ с}^{-1}$

$U_{кпп} = 3.3$ – попередньо прийняте передаточне число клинопасової передачі.

Після визначення передаточного числа виконуємо розрахунок крутного моменту на валу шнека та тихохідному валу редуктора, який з'єднаний із ним зубчастою муфтою:

$$M_{тих} = \frac{N_d \cdot \eta}{\omega_{шн}} = \frac{45 \cdot 0.9}{3.1} = 14 \text{ Кн} \cdot \text{м}$$

Фактичне передаточне число:

$$U_{ред. ф} = \frac{U_p}{U_{пер}} = \frac{15.3}{3.3} = 4$$

Для привода змішувача преса-гранулятора обираємо редуктор типу Ц2У-400, технічні характеристики якого відповідають розрахунковим параметрам механізму.

Основні технічні характеристики редуктора Ц2У-400:

- передаточне число $U=16$, що перевищує розрахункове значення 15,3;
- допустиме консольне навантаження на швидкохідному валу – 710 кгс;
- допустиме консольне навантаження на тихохідному валу – 3150 кгс;
- допустимий крутний момент на тихохідному валу при $n=1500 \text{ об/хв}$ – 1590;
- міжосьова відстань тихохідного ступеня – 400 мм;
- міжосьова відстань швидкохідного ступеня – 250 мм;
- маса редуктора – 2100 кг.

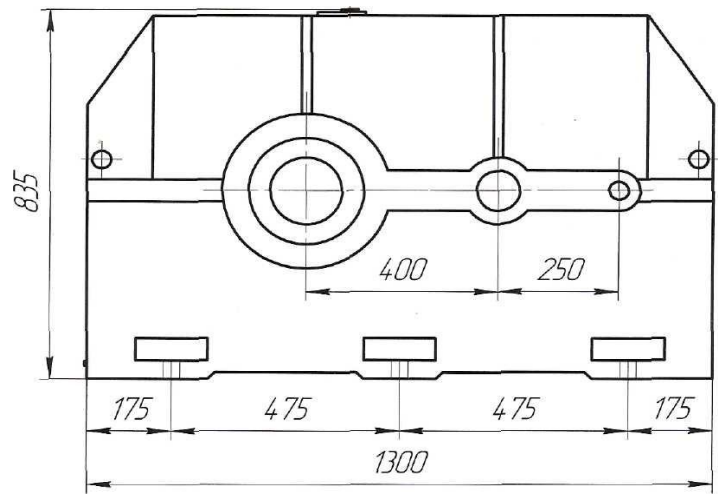


Рисунок 3.7 – Ескіз редуктора типу Ц2У-400

Застосування редуктора типу Ц2У-400 забезпечує необхідне передаточне число, надійну передачу крутного моменту та стабільну роботу привода змішувача.

Вибір підшипників для преса-гранулятора

Під час проєктування преса-гранулятора особливу увагу необхідно приділяти вибору підшипникових опор шнекового валу, оскільки вал сприймає значні радіальні та осьові навантаження, що передаються на підшипники.

З урахуванням характеру навантаження та умов експлуатації для шнекового валу доцільно застосовувати роликові радіально-упорні підшипники.

Попередньо обираємо підшипник відповідно до вимог ДСТУ ISO 15:2017 «Підшипники кочення. Радіальні підшипники. Габаритні розміри» та ДСТУ ISO 76:2017 «Підшипники кочення. Статична вантажопідйомність».

Виконуємо перевірку вибраного підшипника за статичною вантажопідйомністю.

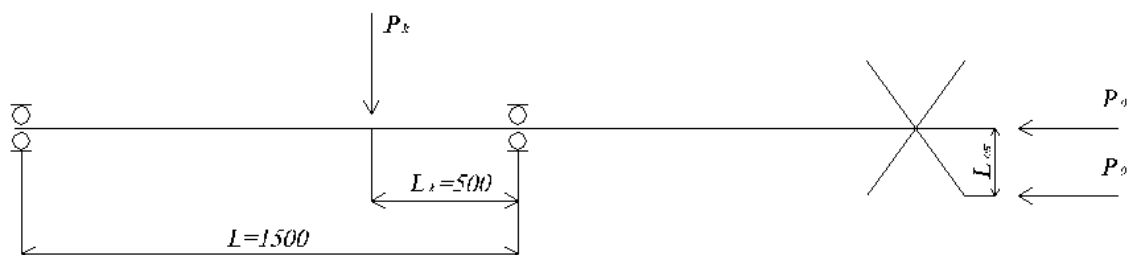


Рисунок 3.8 – Схема навантаження валу

Із розрахунку реакцій в опорах встановлено, що найбільш навантаженою є опора А, тому подальший розрахунок виконується саме для неї.

Визначаємо еквівалентне навантаження найбільш навантаженого підшипника:

$$R_E = (X \cdot V \cdot R_{r_r} + Y_{R_A}) \cdot K_B \cdot K_T = (1 \cdot 1 \cdot 10730) \cdot 1 \cdot 1 = 10730 \text{ Н}$$

Розрахункову динамічну вантажопідйомність підшипника визначаємо за формулою:

$$C_r = R_E \sqrt[3]{573 \cdot L \cdot \omega / 10^6} = 10730 \sqrt[3]{573 \cdot 2.62 \cdot 20 \cdot 10^3 / 10^6} = 33.2 \text{ кН}$$

де: ω - кутова швидкість валу, $\omega = 2.62 \text{ с}^{-1}$;

R_E – еквівалентне навантаження підшипника;

C_{r_r} – табличне значення вантажопідйомності;

L – строк праці підшипника.

Перевіряємо умову працездатності:

$$C_r \leq C_{r_r} = 33.2 \leq 130.$$

Умова виконується, отже вибраний підшипник забезпечує необхідну вантажопідйомність та працездатність у заданих умовах експлуатації.

Для опори Б приймаємо аналогічний тип підшипника.

Вибір муфти преса-гранулятора

Для з'єднання валу редуктора зі шнековим валом преса-гранулятора необхідно підібрати муфту, здатну передавати розрахунковий крутний момент та компенсувати незначні перекоси валів.

Для даного привода обираємо зубчасту муфту відповідно до чинних вимог ДСТУ ISO 14691:2019 та технічних умов виробника.

Перевіряємо муфту за розрахунковим крутним моментом:

$$M_K = K_1 \cdot K_2 \cdot M_{кр.} = 1 \cdot 1.3 \cdot 28.6 = 37.18 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

За умови: $M_{K_{max}} \leq 2M_K$ робота муфти буде надійною та довговічною.

$$M_{K_{max}} = 70 \text{ кН} \cdot \text{м} \leq 2M_K = 2 \cdot 37.18 = 74.5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Умова міцності виконується, тому вибір зубчастої муфти є правильним.

Вибір та розрахунок шпонкових з'єднань

Для з'єднання валів та передавання крутного моменту від вала редуктора до шнекового валу преса-гранулятора застосовуються шпонкові з'єднання з призматичною шпонкою.

Залежно від діаметра валу та значення крутного моменту обираємо призматичну шпонку перерізом:

$$b \times h \times l = 25 \times 14 \times 150$$

відповідно до ДСТУ ISO 773:2005 «Шпонки призматичні. Розміри та допуски».

Матеріал шпонки – сталь С45 відповідно до ДСТУ EN 10083-2:2016.

Основним критерієм працездатності шпонкових з'єднань є міцність на зминання та зріз.

Виконуємо перевірку шпонки на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{2M_{кр}}{d \cdot A_{ср}} \leq [\tau_{ср}] = 60 \dots 90 \text{ МПа};$$

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 28.6 \cdot 10^5}{160 \cdot 3750} = 10 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}] = 60 \dots 90 \text{ МПа}.$$

Виконуємо перевірку шпонки на зминання:

$$G_{зм} = \frac{2M_{кр}}{d \cdot A_{ср}} \leq [G_{зм}] = 100 \dots 150 \text{ МПа};$$

$$G_{зм} = \frac{2 \cdot 28.6 \cdot 10^5}{160 \cdot 750} = 48 \text{ МПа} \leq [G_{зм}] = 100 \dots 150 \text{ МПа}.$$

Перевірка шпонкового з'єднання показала, що всі умови міцності виконуються повністю.

Отже, обрана призматична шпонка забезпечує надійне передавання крутного моменту та нормальну роботу привода преса-гранулятора.

3.3 Ремонт та обслуговування машини

Система технічного обслуговування машини

Система технічного обслуговування та ремонту (СТОіР) технологічного обладнання підприємств промисловості будівельних матеріалів спрямована на

забезпечення надійної та безперебійної експлуатації машин і механізмів при мінімальних витратах трудових, матеріальних та енергетичних ресурсів.

Основою СТОіР є поєднання технічного обслуговування обладнання з планово-попереджувальною системою ремонтів відповідно до вимог чинних нормативних документів України у сфері технічної експлуатації та охорони праці.

Основними напрямками удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту є:

- підвищення якості технічного обслуговування обладнання та посилення відповідальності експлуатаційного, чергового й ремонтного персоналу за забезпечення стабільної та ритмічної роботи технологічних машин;
- раціональна централізація поточних і капітальних ремонтів з метою оптимального розподілу обсягів ремонтних робіт між ремонтно-механічним цехом та виробничими підрозділами підприємства;
- підвищення ефективності планування ремонтних робіт і дотримання встановлених графіків ремонту обладнання;
- максимальне використання вузлового та агрегатного методів ремонту, застосування сучасних технологій відновлення зношених деталей і складальних одиниць;
- розроблення та впровадження типових технологічних процесів ремонту технологічного обладнання;
- застосування сучасних засобів технічної діагностики для контролю технічного стану машин і механізмів.

Ремонтна служба підприємства та вибір методу організації ремонтів

На підприємствах промисловості керамічних будівельних матеріалів організація технічного обслуговування та ремонту технологічного обладнання покладається на ремонтну службу підприємства, яку очолює відділ головного механіка та головного енергетика.

Залежно від виробничої потужності підприємства, номенклатури обладнання та типу виробництва застосовують такі методи організації ремонтів:

- централізований;
- децентралізований;
- змішаний.

Централізований метод передбачає виконання всіх видів ремонтних і монтажних робіт силами ремонтно-механічного цеху. У складі РМЦ формуються спеціалізовані ремонтні бригади, за якими закріплюються окремі виробничі дільниці та групи обладнання для проведення технічного обслуговування й ремонтів. Такий метод доцільно застосовувати на підприємствах із невеликою кількістю однотипного обладнання.

Децентралізований метод передбачає виконання планових ремонтів і технічного обслуговування силами ремонтного персоналу виробничих цехів під керівництвом цехового механіка. Ремонтно-механічний цех у такому випадку виконує виготовлення запасних частин, оснащення, пристроїв та капітальні ремонти складних технологічних ліній. Даний метод використовується на підприємствах із великою кількістю різнотипного обладнання.

Змішаний метод організації ремонтів передбачає виконання технічного обслуговування та поточних ремонтів силами ремонтних бригад виробничих цехів, а капітальні ремонти виконуються ремонтно-механічним цехом або спеціалізованими ремонтними організаціями.

Для даного виробництва приймається змішаний метод організації ремонтної служби як найбільш раціональний та економічно ефективний.



Рисунок 3.9 – Схема процесу ремонту машини за змішаного методу організації ремонту

Вибір методу проведення капітального ремонту та технологічного процесу капітального ремонту

Після встановлення методу організації ремонтної служби для кожної конкретної машини обирають найбільш доцільний метод проведення капітального ремонту.

Вибір методу ремонту залежить від:

- конструктивних особливостей обладнання;
- умов експлуатації;
- наявності ремонтної бази;

- забезпечення запасними частинами;
- типу та складності обладнання;
- рівня механізації ремонтних робіт.

На підприємствах промисловості будівельних матеріалів застосовують:

- індивідуальний;
- знеособлений;
- змішаний методи ремонту.

Для індивідуального методу характерним є встановлення відремонтованих деталей та складальних одиниць на ту саму машину, з якої вони були демонтовані. Даний метод характеризується значною тривалістю простою обладнання та використовується переважно для унікальних або багатомарочних машин.

Знеособлений метод ремонту передбачає складання обладнання з попередньо відремонтованих або нових деталей і вузлів, що надходять із оборотного фонду. Використання цього методу дозволяє знизити трудомісткість ремонту, скоротити час простою обладнання та підвищити якість ремонтних робіт.

Змішаний метод ремонту поєднує елементи індивідуального та знеособленого методів у різних співвідношеннях.

Для даного виробництва приймається змішаний метод ремонту як найбільш прогресивний, менш трудомісткий та такий, що забезпечує мінімальну тривалість ремонту обладнання.

Комплекс підготовчих робіт під час проведення капітального ремонту

Підготовчі роботи для проведення капітального ремонту включають комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення якісного та безпечного виконання ремонтних операцій.

До складу підготовчих робіт входять:

1. Складання попередньої дефектної відомості, уточнення потреби у запасних частинах, перевірка наявності креслень та підготовка всієї технічної документації на ремонт.

2. Підготовка проєкту виконання робіт для найбільш складного та відповідального обладнання. У проєкті визначають:

- способи виконання ремонтних робіт;
- вибір засобів механізації;
- чисельність ремонтного персоналу;
- схему організації робіт.

Підготовчі роботи для проведення капітального ремонту преса-гранулятора включають:

- складання попередньої дефектної відомості після прослуховування роботи машини на холостому та робочому ході;
- уточнення потреби у запасних частинах;
- перевірку наявності спеціальних знімальних пристроїв та ремонтного оснащення;
- підготовку комплекту технічної документації на ремонт.

Технологічний процес ремонту машин включає:

- розроблення технологічної схеми ремонту;
- визначення технологічної послідовності операцій;
- складання маршрутних та технологічних карт;
- підготовку специфікацій деталей та складальних одиниць.

При змішаному методі ремонту одна частина машини ремонтується із повним розбиранням, дефектуванням та комплектуванням вузлів, а інша – із використанням готових складальних одиниць.

Перед початком розбирання машина повинна бути повністю очищена від залишків матеріалу, пилу та забруднень, після чого передається у ремонт.

Розбиральні роботи мають важливе значення для забезпечення якості ремонту, оскільки від правильності розбирання залежать тривалість, вартість та якість ремонтних робіт.

Рациональна організація процесу розбирання дозволяє:

- скоротити терміни ремонту;
- своєчасно виявити ступінь зношування деталей;

- уточнити обсяг ремонтних робіт;
- забезпечити ефективне виконання дефектування.

Після очищення та знежирення деталі піддаються дефектуванню, основною метою якого є визначення їх технічного стану та сортування на:

- придатні без відновлення;
- такі, що підлягають відновленню;
- непридатні до подальшої експлуатації.

Контроль якості виконання ремонтних робіт на підприємстві здійснює головний механік відповідно до вимог чинних нормативних документів України з технічної експлуатації обладнання та охорони праці.

У ремонтній практиці машина поділяється на такі конструктивно-складальні елементи:

- агрегати;
- вузли;
- деталі.

Розбирання обладнання виконується у суворій технологічній послідовності відповідно до технологічних карт та ремонтної документації.

Для складних машин складають схеми розбирання по вузлах та деталях із зазначенням необхідного обладнання, пристроїв і технологічного оснащення.

Роботи з розбирання поділяються на:

- основні;
- допоміжні.

До основних належать роботи, пов'язані зі зміною конструктивного стану машини.

До допоміжних належать роботи, пов'язані з транспортуванням, переміщенням та встановленням вузлів і деталей у процесі ремонту.

Планування технічного обслуговування та ремонтів, характеристика обладнання, його склад і використання на підприємстві

Критерієм оцінювання технічного стану технологічного обладнання є фактичний напруження машин і механізмів у годинах експлуатації. На

підставі даних про фактично відпрацьований ресурс відповідно до структури ремонтного циклу виконують попереднє планування строків проведення технічного обслуговування та ремонтів усього парку технологічного обладнання.

Під час планування визначають:

- строки виконання технічного обслуговування та ремонтів;
- потребу у запасних частинах, матеріалах та комплектувальних;
- витрати на підтримання обладнання у працездатному стані;
- трудомісткість ремонтних робіт;
- необхідну чисельність ремонтного персоналу.

Планування робіт із технічного обслуговування та ремонту передбачає складання, погодження та затвердження річних і поточних графіків ТОіР відповідно до вимог чинних нормативних документів України щодо технічної експлуатації обладнання та організації ремонтного виробництва.

Основною метою планування є:

- забезпечення рівномірного завантаження ремонтного персоналу;
- ефективне використання ремонтно-механічного цеху;
- визначення складу та чисельності ремонтних бригад;
- розрахунок вартості ремонтних робіт;
- формування фонду оплати праці ремонтного персоналу.

Таблиця 3.1 Склад основного обладнання технологічної лінії виробництва керамічної цегли

№	Найменування	Технічна характеристика	Кількість	Призначення	Основні недоліки
1	Каменевидільні вальці	продуктивність – 30 м ³ /год; потужність електропривода – 43 кВт	1 шт	обладнання призначене для первинної переробки глинистої сировини, подрібнення великих грудок та видалення каменеподібних включень	зношування поверхні гладкого валка; зношування гвинтової поверхні рифленого валка
2	Вальці грубого помелу	продуктивність – 28 м ³ /год; потужність – 40 кВт	1 шт	використовуються для вторинного подрібнення глиняної маси до розмірів частинок 15–30 мм	зношування поверхонь гладкого та рифленого валків.
3	Двовальний лопатевий змішувач	продуктивність – 20–95 м ³ /год; потужність – 22–55 кВт.	1 шт.	призначений для перемішування, зволоження та гомогенізації глиняної маси	зношування поверхні лопатей; зношування зубців синхронізатора
4	Вальці тонкого помелу	продуктивність – 25 м ³ /год; потужність – 52 кВт	1 шт	використовуються для остаточного тонкого подрібнення глиняної маси до фракції не більше 6 мм	зношування поверхонь валків; зношування поверхні скребка
5	Прес-гранулятор	продуктивність – 6000 шт./год; потужність електропривода – 75 кВт	1 шт	обладнання використовується для додаткової переробки, ущільнення та гомогенізації глиняної маси з подальшим формуванням гранул	зношування поверхні нагнітального валка; деформація та зношування гранулювальної решітки
6	Стрічковий вакуумний шнековий прес	продуктивність – 6000 шт./год; потужність – 95 кВт	1 шт	призначений для гомогенізації, ущільнення та формування глиняної маси у вигляді	зношування гвинтової поверхні шнека; зношування поверхні

				безперервного бруса для отримання цегли-сирцю	нагнітального валка
7	Автомат-різальний для цегли	продуктивність – 6000 шт./год; потужність – 7 кВт	1 шт	використовується для різання сформованого бруса відповідно до заданих геометричних параметрів цегли	обрив струн різального механізму
8	Тунельна сушарка	продуктивність – 15 млн шт./рік; довжина – 3060 м	1 шт	призначена для сушіння цегли-сирцю у сушильних камерах	несправність механізму піднімання дверей сушильних камер
9	Тунельна випалювальна піч	продуктивність – 15 млн шт./рік; довжина – 100 м.	1 шт	використовується для багатостадійного випалу керамічної цегли з подальшим охолодженням виробів	зношування рейкових шляхів у печі; руйнування футерівки печі

Під час експлуатації технологічного обладнання виконуються:

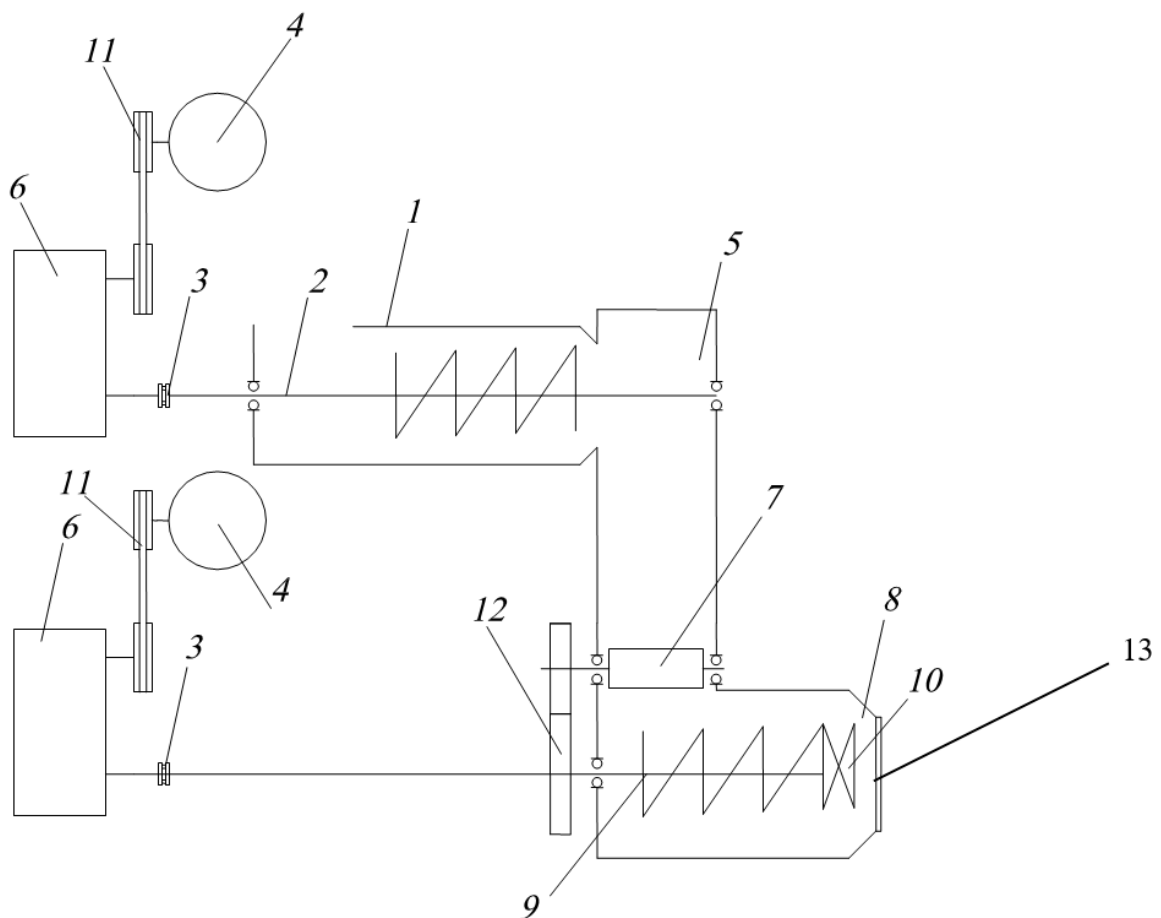
- технічне обслуговування (ТО);
- поточний ремонт (Т);
- капітальний ремонт (К).

Планування кількості технічних обслуговувань і ремонтів виконується на підставі структури ремонтного циклу та режиму роботи обладнання.

Призначення машини та її конструкція

Прес-гранулятор призначений для переробки, гомогенізації, доуволоження керамічних мас та надання їм необхідних технологічних властивостей із подальшим продавлюванням матеріалу через отвори гранулювальної решітки у вигляді гранул.

Машина використовується у технологічних лініях виробництва керамічної цегли для покращення структури глиняної маси, підвищення її однорідності та забезпечення стабільності подальших процесів формування.



- 1 – змішувач преса-гранулятора; 2 – вал змішувача; 3 – муфти привода;
4 – електродвигун змішувача та преса-гранулятора; 5 – корпус вакуумної камери; 6 – редуктор змішувача та преса-гранулятора; 7 – нагнітальний валок;
8 – корпус преса-гранулятора; 9 – вал преса-гранулятора; 10 – шнек преса-гранулятора; 11 – клинопасова передача; 12 – зубчаста передача;
13 – гранулювальна решітка.

Рисунок 3.10 – Кінематична схема преса-гранулятора

У процесі роботи глиняна маса надходить до змішувача, де здійснюється її перемішування та доуволоження. Після цього матеріал подається до шнека преса-гранулятора, який забезпечує ущільнення та продавлювання маси через отвори гранулювальної решітки.

Завдяки роботі шнекового механізму та нагнітального валка забезпечується стабільний рух матеріалу, його додаткове ущільнення та формування гранульованої структури.

Послідовність розбирання преса-гранулятора

Розбирання преса-гранулятора виконується у суворій технологічній послідовності відповідно до вимог ремонтної документації та правил безпечної експлуатації обладнання.

Послідовність демонтажу основних вузлів машини:

- від'єднати клинопасову передачу змішувача;
- демонтувати електродвигун змішувача;
- від'єднати муфту змішувача;
- демонтувати редуктор змішувача;
- демонтувати кришку змішувача;
- демонтувати корпус вакуумної камери;
- демонтувати нагнітальний валок;
- від'єднати клинопасову передачу гранулятора;
- демонтувати редуктор гранулятора;
- демонтувати привод шнека;
- від'єднати муфту привода;
- демонтувати циліндр;
- демонтувати робочий вал;
- демонтувати гранулювальну решітку;
- демонтувати шнек преса-гранулятора.

Під час виконання розбиральних робіт необхідно контролювати технічний стан деталей, фіксувати ступінь їх зношування та визначати необхідність відновлення або заміни окремих елементів.

Основні недоліки преса-гранулятора:

- зношування ременів клинопасової передачі;
- зміщення електродвигуна;
- зношування зубців муфти;
- необхідність періодичної заміни мастильних матеріалів;
- налипання та накопичення сировинного матеріалу на корпусі змішувача;
- зношування підшипникових опор;
- зношування вала шнека;
- зношування підшипників і зміщення електродвигуна змішувача.

Найбільш інтенсивному абразивному зношуванню піддаються робочі органи машини, що безпосередньо контактують із керамічною масою.

Складання вузла

Під складанням вузла розуміють процес з'єднання деталей у складальні одиниці, вузли та агрегати відповідно до кінематичної схеми машини та технічних умов на складання.

Деталі, з яких складається вузол, після ремонту та відновлення проходять контроль геометричних параметрів, перевірку посадок і технічного стану.

Підгонка відновлених деталей за посадками здійснюється шляхом механічної обробки або припасування.

Стандартні деталі та комплектувальні елементи підбираються відповідно до посадкових розмірів і вимог конструкторської документації.

Складання вузла або машини починають із базової деталі чи базової складальної одиниці.

У процесі послідовного виконання технологічних операцій складання базова деталь поступово перетворюється на закінчену складальну одиницю або готову машину.

Якість складання значною мірою впливає на:

- надійність роботи обладнання;
- ресурс машини;
- точність взаємодії вузлів;

- рівень вібрацій та шуму;
- довговічність підшипників і передач.

Складання вузлів преса-гранулятора повинно виконуватись відповідно до вимог чинної ремонтної та конструкторської документації.

Відновлення деталі

Технологічний процес відновлення деталей умовно поділяється на такі основні етапи:

- підготовчі операції;
- відновлювальні операції;
- завершальні операції.

На підготовчому етапі визначають:

- основні дефекти деталі;
- характер та величину зношування;
- відхилення від номінальних розмірів;
- спосіб відновлення;
- тип підготовки поверхні;
- необхідну товщину відновлюваного шару.

До відновлювальних операцій за необхідності входять:

- термічна обробка перед нанесенням матеріалу;
- нанесення відновлювального шару;
- механічна обробка;
- термічна обробка після відновлення.

Механічна обробка може виконуватись:

- попередньо – до термічної обробки;
- остаточно – після термічної обробки.

В окремих випадках допускається суміщення окремих технологічних операцій.

Основним документом, що визначає послідовність виконання операцій відновлення деталей, є маршрутна технологічна карта.

Маршрутні карти містять:

- послідовність виконання операцій;
- тривалість технологічних процесів;
- дані про необхідне обладнання;
- перелік інструменту та пристроїв.

Практика експлуатації пресів-грануляторів показує, що найбільшому зношуванню піддаються робочі органи машини, насамперед лопатки змішувача та шнек.

Найбільш інтенсивно зношуються лопатки змішувача внаслідок постійного впливу абразивної керамічної маси на їх робочу поверхню.

Із існуючих способів відновлення деталей для даного виробництва доцільно застосовувати ручне дугове наплавлення, яке широко використовується для відновлення деталей із рівномірним та нерівномірним зношуванням.

Перевагою даного способу є можливість нанесення шару металу різної товщини залежно від ступеня зношування деталі.

Товщина відновлюваного шару визначається під час складання маршрутної карти відновлення деталей.

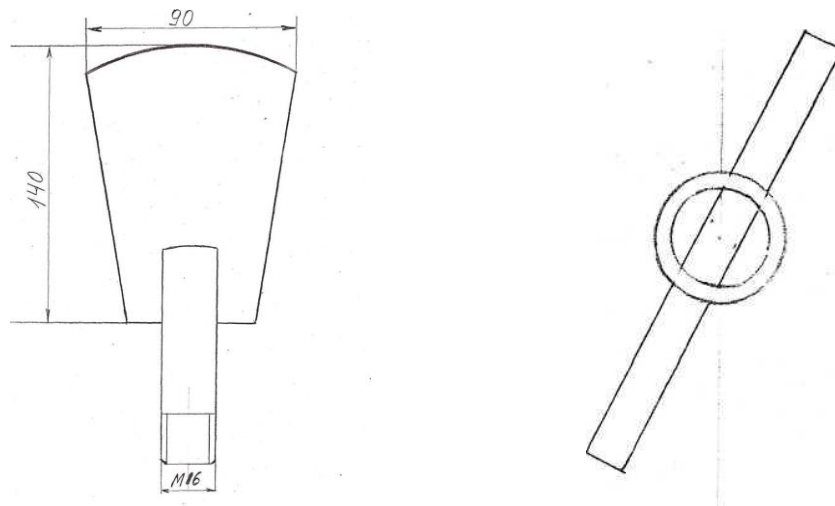


Рисунок 3.11 – Деталь, що найбільш інтенсивно зношується (лопась)

Обладнання підприємств промисловості будівельних матеріалів експлуатується відповідно до заводських інструкцій з експлуатації, складених на підставі вимог чинних нормативних документів України з технічної

експлуатації обладнання, охорони праці, промислової безпеки та виробничої санітарії.

Експлуатація технологічного обладнання повинна забезпечувати:

- безпечну роботу машин і механізмів;
- підтримання обладнання у працездатному стані;
- попередження передчасного зношування деталей;
- своєчасне виявлення дефектів та несправностей;
- забезпечення безперервності технологічного процесу.

Технічне обслуговування включає комплекс профілактичних заходів, спрямованих на підтримання працездатності обладнання та запобігання аварійним відмовам.

Система технічного обслуговування передбачає:

- утримання машин у чистоті;
- періодичне виконання кріпильних робіт;
- проведення контрольно-регулювальних операцій;
- усунення дрібних несправностей окремих вузлів;
- своєчасне змащування деталей і механізмів;
- виконання заходів щодо збереження обладнання.

Кріпильні роботи виконуються систематично відповідно до спеціальних технологічних карт технічного обслуговування.

До складу кріпильних робіт входять:

- перевірка надійності рознімних з'єднань;
- підтягування болтових з'єднань;
- заміна пошкоджених або непридатних деталей;
- контроль стану кріпильних елементів.

Болтові з'єднання, які працюють в умовах динамічних навантажень та вібрацій, повинні бути обладнані пристроями, що запобігають самовідгвинчуванню.

Контрольно-регулювальні роботи виконуються після перевірки технічного стану вузлів і деталей машини.

Під час проведення контрольно-регулювальних робіт:

- визначають обсяг необхідного регулювання;
- усувають дрібні дефекти;
- виконують налаштування механізмів;
- перевіряють правильність роботи вузлів та передач.

Для забезпечення якісного та оперативного виконання робіт складають контрольно-регулювальні карти технічного обслуговування.

3.4 Мащення обладнання

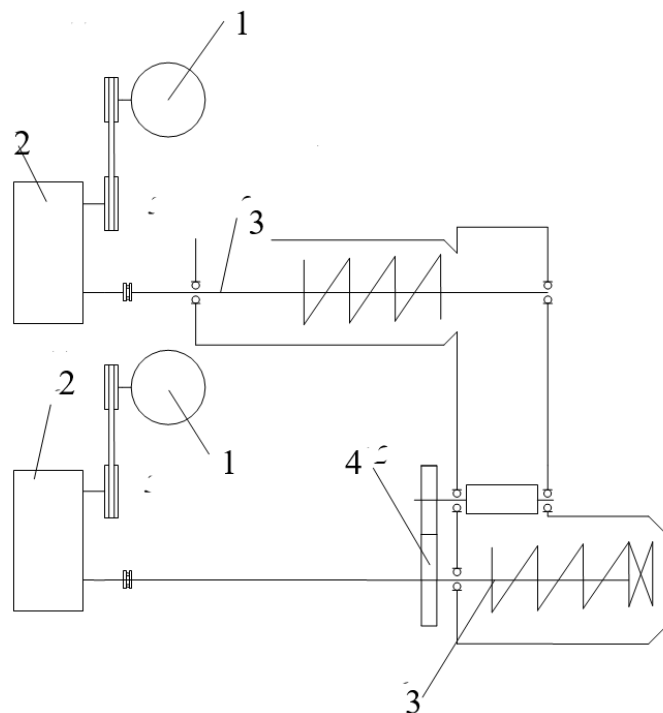


Рисунок 3.12 – Схема змащування преса-гранулятора.

Своєчасне та якісне виконання робіт із технічного обслуговування і змащування преса-гранулятора забезпечує:

- підвищення надійності роботи обладнання;
- зменшення інтенсивності зношування деталей;
- зниження аварійних простоїв;
- збільшення ресурсу вузлів та механізмів;
- підвищення ефективності експлуатації технологічної лінії.

Таблиця 3.2 – Карта мащення преса-гранулятора

№	Найменування	Спосіб змащування	Змащувані елементи	Рекомендовані мастильні матеріали
1.	Електродвигун преса-гранулятора та змішувача	набивання мастила	підшипники. Періодичність заміни мастила: 1 раз на місяць	пластичні мастила відповідно до вимог ДСТУ ISO 6743 та технічних умов виробника
2.	Редуктор преса-гранулятора та змішувача	набивання мастила	підшипники. Періодичність заміни мастила: 1 раз на місяць.	пластичні мастила відповідно до ДСТУ ISO 6743
		заливання мастила у масляну ванну	зубчасті колеса Періодичність заміни мастила: 1 раз на 3 місяці	індустріальні редукторні оливи відповідно до ДСТУ ISO 12925-1
3.	Приводний вал преса-гранулятора та змішувача	набивання мастила	підшипники. Періодичність заміни мастила: 1 раз на місяць	пластичні мастила для підшипникових вузлів відповідно до ДСТУ ISO 6743
4.	Зубчаста передача	ручне змащування	зубчасті колеса Періодичність змащування: 1 раз на тиждень	пластичні або індустріальні мастила відповідно до ДСТУ ISO 6743 та ДСТУ ISO 12925-1

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Виробнича санітарія

Побутові приміщення

До складу підприємств з виробництва керамічних будівельних матеріалів обов'язково повинні входити допоміжні приміщення, призначені для забезпечення безпечних, санітарно-гігієнічних та комфортних умов праці працівників.

До допоміжних приміщень належать:

- санітарно-побутові приміщення (гардеробні, душові, умивальні, санітарні вузли);
- медичні приміщення;
- приміщення громадського харчування;
- приміщення культурно-побутового та фізкультурного обслуговування;
- адміністративно-побутові приміщення.

Допоміжні приміщення різного функціонального призначення необхідно розміщувати у зонах із мінімальним впливом шуму, вібрації, пилу та інших шкідливих виробничих факторів.

Вимоги щодо складу, планування, площі, обладнання та розміщення допоміжних приміщень повинні відповідати:

- ДБН В.2.2-28:2018;
- Закону України «Про охорону праці»;
- чинним державним санітарним нормам.

Санітарно-побутові приміщення необхідно розташовувати максимально близько до робочих місць, виключаючи перетин потоків працівників із виробничими зонами підвищеної запиленості, неопалюваними приміщеннями та відкритими виробничими майданчиками.

Розрахунок освітлення виробничого приміщення лінії виробництва керамічної цегли

Розрахунок штучного освітлення виконується методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Вихідні дані:

$A = 40$ м;

$B = 18$ м;

кількість світильників – 10;

висота підвісу світильників – 8 м;

напруга живлення – 220 В;

коефіцієнт запасу – 1,3;

коефіцієнти відбиття: $R_{\text{п}} = 30\%$; $R_{\text{с}} = 10\%$;

нормована освітленість: $E_{\text{н}} = 80$ лк.

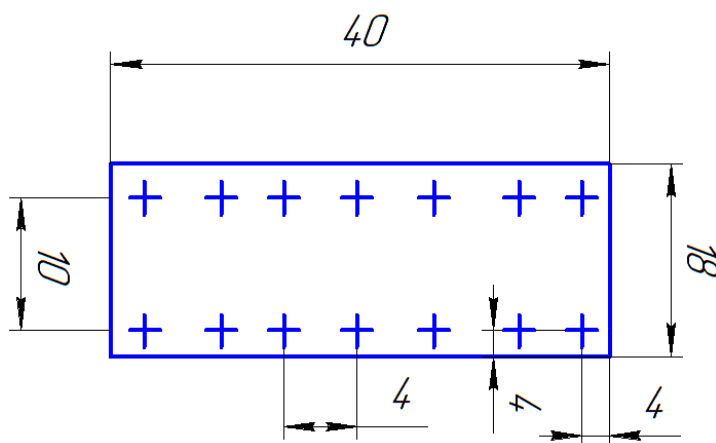


Рисунок 4.1 – Схема приміщення для розрахунку штучного освітлення

Площа приміщення визначається за формулою:

$$S = A \cdot B = 40 \cdot 18 = 720 \text{ м}^2$$

Індекс приміщення визначається відповідно до геометричних параметрів приміщення та висоти підвісу світильників.

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{720}{8(40 + 18)} = 3,1$$

За довідковими таблицями визначають коефіцієнт використання світлового потоку та необхідний світловий потік ламп: $\eta_{\text{ф}} = 58\%$

$$F_{\text{розрах}} = \frac{E_n \cdot \kappa \cdot S \cdot z}{N_n \cdot \eta} = \frac{80 \cdot 1,3 \cdot 720 \cdot 1,2}{16 \cdot 0,58} = 9168 \text{ (лм)}$$

Для освітлення виробничого приміщення приймаються лампи типу НГ-220-750 потужністю 750 Вт у якої $F_{\text{табл}} = 13100$ лм.

Параметри освітлення виробничих приміщень повинні відповідати вимогам:

- ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»;
- ДСТУ EN 12464-1:2016.

Аналіз виробничих шкідливих факторів та заходи захисту працівників

Пил

Більшість технологічних процесів у промисловості будівельних матеріалів супроводжується інтенсивним виділенням пилу, який негативно впливає на організм людини, насамперед на органи дихання.

Виробничий пил:

- погіршує санітарно-гігієнічні умови праці;
- спричиняє професійні захворювання;
- прискорює абразивне зношування обладнання;
- може створювати вибухонебезпечне середовище.

Основними джерелами пиловиділення є:

- транспортування сипких матеріалів;
- дроблення та помел сировини;
- просіювання матеріалів;
- перевантажувальні операції.

Ступінь негативного впливу пилу залежить від:

- дисперсного складу;
- токсичності;
- концентрації;
- фізико-хімічних властивостей частинок.

Тривалий вплив пилу може призвести до розвитку професійних захворювань органів дихання, подразнення слизових оболонок та механічного ушкодження органів зору.

Для зменшення запиленості виробничих приміщень застосовують:

- герметизацію технологічного обладнання;
- аспіраційні системи;
- місцеві відсмоктувачі;
- комплексну механізацію та автоматизацію процесів;
- пневматичне транспортування матеріалів;
- системи гідрознепилювання.

Перед викидом у атмосферу запилене повітря підлягає очищенню.

Для очищення повітря застосовують:

- циклонні пиловловлювачі;
- рукавні фільтри;
- електрофільтри;
- інерційні пиловловлювачі.

Для очищення повітря від високодисперсного пилу використовують:

- електростатичні методи очищення;
- фільтри зі скловолокна;
- багатоступеневі системи очищення повітря.

У разі недостатньої ефективності технічних засобів працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту:

- респіратори;
- захисні окуляри;
- спеціальний одяг;
- захисні рукавиці.

Нормування концентрації пилу у повітрі робочої зони повинно відповідати:

- ДСН 3.3.6.042-99;
- ДСП 201-97;
- Закону України «Про охорону праці».

Шум та вібрація

Основними джерелами шуму та вібрації на лінії виробництва керамічної цегли є:

- дробильне обладнання;
- вальці;
- редуктори;
- вентилятори;
- транспортні механізми;
- машини з невідновженими обертовими масами.

Підвищений рівень шуму та вібрації негативно впливає на організм працівників та може викликати:

- втому;
- погіршення слуху;
- порушення координації рухів;
- функціональні розлади нервової системи;
- захворювання опорно-рухового апарату.

Тривалий вплив вібрації може спричинити розвиток вібраційної хвороби.

Нормування рівнів шуму та вібрації виконується відповідно до:

- ДСН 3.3.6.037-99;
- ДСН 3.3.6.039-99;
- ДСТУ ISO 2631.

Захист від шуму

Основними заходами боротьби з шумом є:

- зниження шуму безпосередньо у джерелі виникнення;
- динамічне балансування обертових деталей;
- своєчасне технічне обслуговування обладнання;
- використання шумоізоляційних кожухів;
- встановлення звукопоглинальних перегородок і екранів.

Для звукопоглинання використовують пористі матеріали, здатні перетворювати енергію звукових коливань у теплову.

Віброізоляційний захист

Одним із найбільш ефективних методів захисту від вібрації є віброізоляція, яка полягає у зменшенні передачі коливань від джерела вібрації до конструкцій та робочих місць.

Для віброізоляції застосовують:

- пружинні амортизатори;
- гумові амортизатори;
- комбіновані гумометалеві опори;
- пневматичні віброізолятори;
- гідравлічні демпфувальні елементи.

Для зменшення вібрації металевих кожухів та огорожень використовують вібропоглинальні покриття, які наносять у місцях найбільших амплітуд коливань.

Комплексне впровадження заходів з охорони праці та охорони навколишнього середовища дозволяє:

- знизити рівень шкідливих виробничих факторів;
- забезпечити безпечні умови праці;
- зменшити негативний вплив виробництва на довкілля;
- підвищити екологічну безпеку підприємства;
- забезпечити відповідність виробництва чинному законодавству України у сфері охорони праці та охорони навколишнього природного середовища.

Метеорологічні умови виробничого середовища

Метеорологічні умови виробничих приміщень формують мікроклімат робочої зони та визначаються комплексом фізичних параметрів виробничого середовища. Основними параметрами мікроклімату є:

- температура повітря;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря;
- атмосферний тиск.

Вплив мікрокліматичних параметрів на організм працівників залежить від інтенсивності фізичного навантаження, тривалості перебування у виробничій зоні та поєднання окремих факторів.

За несприятливих метеорологічних умов у працівників можуть спостерігатися:

- зміна частоти пульсу та дихання;
- підвищення артеріального тиску;
- перенапруження нервової системи;
- підвищення енергетичних витрат організму на терморегуляцію;
- зниження працездатності та продуктивності праці.

Комплексна оцінка мікроклімату виконується за показником еквівалентно-ефективної температури.

Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 роботи класифікують за категоріями залежно від рівня енергетичних витрат організму.

Категорія I – легкі фізичні роботи:

роботи, що виконуються сидячи або стоячи та не потребують значного фізичного навантаження. Енергетичні витрати – до 172 Дж/с.

Категорія IIa – роботи середньої важкості:

роботи, пов'язані з постійним переміщенням працівників та виконанням операцій у положенні стоячи без перенесення значних вантажів. Енергетичні витрати – 172–232 Дж/с.

Категорія IIб – роботи, пов'язані з ходьбою та перенесенням вантажів масою до 10 кг. Енергетичні витрати – 232–293 Дж/с.

Категорія III – важкі фізичні роботи:

роботи, пов'язані зі значним фізичним навантаженням та систематичним переміщенням вантажів масою понад 10 кг. Енергетичні витрати перевищують 293 Дж/с.

Контроль температури повітря здійснюється за допомогою:

- ртутних та спиртових термометрів;
- термографів;

- термоанемометрів.

Для вимірювання вологості повітря застосовують психрометри Августа або аспіраційні психрометри.

Швидкість руху повітря визначають за допомогою:

- крильчастих анемометрів;
- чашкових анемометрів;
- кататермометрів;
- термоанемометрів.

Фактична температура у виробничих приміщеннях у теплий період року змінюється у межах 16–25 °С, відносна вологість повітря становить 30–70 %, а швидкість руху повітря – близько 0,2 м/с.

Зазначені параметри відповідають вимогам:

- ДСН 3.3.6.042-99;
- ДБН В.2.5-67:2013.

У холодний період року нормативні параметри мікроклімату забезпечуються системами опалення та примусової вентиляції.

4.2 Заходи безпеки

Технічні та організаційні заходи безпеки під час монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

Під час виконання робіт із монтажу, експлуатації та ремонту технологічного обладнання необхідно дотримуватися вимог:

- Закону України «Про охорону праці»;
- НПАОП;
- ДБН А.3.2-2-2009;
- Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

До виконання робіт допускаються лише працівники відповідної кваліфікації, які:

- пройшли інструктаж з охорони праці;
- навчені безпечним методам роботи;

- мають допуск до роботи з електроустановками.

Робочі місця повинні:

- утримуватися у чистоті;
- бути забезпечені нормативним освітленням;
- відповідати вимогам виробничої санітарії.

Рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати нормативних значень, установлених ДСН 3.3.6.037-99.

Корпуси електродвигунів, пульти керування та металеві конструкції обладнання повинні бути заземлені відповідно до вимог ПУЕ та ДСТУ EN 61140.

Під час проведення ремонтних робіт обладнання необхідно:

- відключати від електромережі;
- вивішувати попереджувальні плакати;
- блокувати можливість випадкового пуску.

У процесі експлуатації необхідно постійно контролювати:

- стан електропроводки;
- справність електрообладнання;
- наявність захисних огорожень;
- технічний стан вузлів та механізмів.

У разі появи надмірних вібрацій або сторонніх шумів роботу обладнання необхідно негайно припинити до повного усунення несправностей.

Під час роботи з електроінструментом необхідно використовувати:

- справний інструмент;
- діелектричні рукавиці;
- ізолювальні підставки;
- інші засоби індивідуального захисту.

Категорично забороняється:

- експлуатувати несправне обладнання;
- працювати зі знятими огороженнями;
- виконувати ремонт під час роботи механізмів;

- самовільно змінювати конструкцію аварійних блокувань;
- захищати проходи та робочі місця.

Вимоги безпеки до застосування машин

Забороняється експлуатація машин:

- що не відповідають вимогам охорони праці;
- мають несправності;
- не забезпечені захисними огороженнями.

До експлуатації обладнання допускаються лише працівники, які мають відповідну підготовку та пройшли перевірку знань з охорони праці.

Під час експлуатації обладнання необхідно:

- контролювати стан електрообладнання;
- не допускати механічних пошкоджень електропроводки;
- підтримувати справність захисних пристроїв;
- забезпечувати вільні шляхи пересування машин та персоналу.

4.3 Пожежна безпека

Визначення категорії виробництва за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Категорію виробництва визначають з урахуванням:

- пожежонебезпечних властивостей речовин і матеріалів;
- особливостей технологічного процесу;
- конструктивно-планувальних рішень будівель.

Класифікація приміщень та виробництв за вибухопожежною та пожежною небезпекою виконується відповідно до:

- ДБН В.1.1-7:2016;
- НАПБ Б.03.002-2007;
- Кодексу цивільного захисту України.

Цех з виробництва керамічної цегли належить до категорії Д, оскільки технологічний процес пов'язаний із використанням негорючих матеріалів у холодному стані.

Визначення ступеня вогнестійкості будівель

Під час проєктування виробничих будівель необхідно враховувати можливість виникнення пожежі та забезпечувати необхідний ступінь вогнестійкості конструкцій.

Вимоги до вогнестійкості будівель регламентуються:

- ДБН В.1.1-7:2016;
- ДБН В.1.2-7-2021.

Виробничий цех з виготовлення керамічної цегли належить до категорії Г за пожежною небезпекою та має IV ступінь вогнестійкості.

Основними причинами виникнення пожеж на підприємствах є:

- порушення правил експлуатації електрообладнання;
- короткі замикання;
- порушення правил виконання зварювальних робіт;
- недотримання вимог пожежної безпеки.

Протипожежні заходи

Відповідальність за забезпечення пожежної безпеки покладається на керівників підприємств та керівників структурних підрозділів.

Для попередження пожеж необхідно:

- здійснювати автоматичний контроль пожежної небезпеки;
- забезпечувати функціонування систем пожежної сигналізації;
- розробляти плани евакуації персоналу;
- проводити інструктажі з пожежної безпеки.

На підприємстві повинні бути:

- пожежні щити;
- вогнегасники;
- пожежні крани та рукави;
- системи автоматичного оповіщення;
- евакуаційні виходи;
- під'їзні шляхи для пожежної техніки.

Протипожежні розриви між будівлями визначаються відповідно до вимог:

- ДБН Б.2.2-12:2019;
- ДБН В.1.1-7:2016.

Засоби пожежогасіння

Внутрішній протипожежний водопровід повинен відповідати вимогам:

- ДБН В.2.5-64:2012;
- ДСТУ EN 671.

Пожежні крани необхідно розміщувати:

- біля входів;
- у коридорах;
- на сходових клітках.

Для первинного пожежогасіння застосовують:

- порошкові вогнегасники;
- вуглекислотні вогнегасники;
- пожежні покривала;
- ящики з піском.

Вуглекислотні вогнегасники застосовують для гасіння:

- електроустановок;
- горючих рідин;
- локальних осередків пожежі.

Порошкові вогнегасники використовують для гасіння:

- твердих горючих матеріалів;
- легкозаймистих рідин;
- електрообладнання.

Комплексне впровадження заходів пожежної безпеки дозволяє:

- знизити ризик виникнення пожеж;
- забезпечити безпечну евакуацію працівників;
- мінімізувати матеріальні збитки;

- забезпечити відповідність підприємства вимогам чинного законодавства України.

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано технологію виробництва керамічної цегли методом пластичного формування та обґрунтовано вибір основних сировинних матеріалів. Розроблено технологічну схему виробництва, виконано розрахунок матеріального балансу, визначено режим роботи підприємства та здійснено підбір основного технологічного й транспортного обладнання.

Проведений аналіз пресів-грануляторів дозволив виявити основні недоліки існуючих конструкцій, зокрема підвищене енергоспоживання, значні габаритні розміри та недостатню стабільність параметрів гранул. На підставі цього запропоновано напрями вдосконалення конструкції преса-гранулятора та виконано його основні інженерні розрахунки. Реалізація запропонованих технічних рішень сприятиме підвищенню ефективності підготовки керамічної маси, покращенню якості готової продукції та зниженню експлуатаційних витрат виробництва.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б EN 771-1:2016. Вироби стінові. Частина 1. Керамічні камені. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.
2. ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.
3. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2022.
4. Бутт Ю. М., Сичов М. М., Тімашев В. В. Технологія кераміки та вогнетривів. Київ : Вища школа, 1989. 423 с.
5. Комар А. Г. Будівельні матеріали і вироби : підручник. Київ : Вища школа, 2005. 760 с.
6. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Будівельне матеріалознавство : підручник. Рівне : НУВГП, 2009. 448 с.
7. Рунова Р. Ф., Шейнич Л. О., Пушкарьова Є. К. та ін. Технологія сучасних будівельних матеріалів. Київ : КНУБА, 2012. 568 с.
8. Санницький М. А., Позняк О. Р. Будівельні матеріали : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2010. 256 с.
9. Пушкарьова К. К. Будівельне матеріалознавство. Київ : Ліра-К, 2015. 592 с.
10. Kingery W. D., Bowen H. K., Uhlmann D. R. Introduction to Ceramics. 2nd ed. New York : Wiley, 1976. 1032 p.
11. Rahaman M. N. Ceramic Processing and Sintering. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2003. 875 p.
12. Reed J. S. Principles of Ceramics Processing. 2nd ed. New York : Wiley-Interscience, 1995. 688 p.
13. Richerson D. W. Modern Ceramic Engineering. 4th ed. Boca Raton : CRC Press, 2018. 824 p.
14. Chiang Y.-M., Birnie D., Kingery W. D. Physical Ceramics. New York : Wiley, 1997. 544 p.

15. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (зі змінами та доповненнями).
16. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI.
17. ДСТУ EN 12464-1:2016. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Робочі місця в приміщеннях. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
18. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018.
19. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Чинна редакція. Харків : Форт.
20. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Чинна редакція. Київ : Міністерство енергетики України.
21. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ : Мінрегіон України, 2017.
22. Правила пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417.
23. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-ХІІ.
24. Закон України «Про управління відходами» від 20.06.2022 № 2320-ІХ.
25. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.