

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

**Кафедра інжинірингу технічних систем**

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення технологічної лінії приготування і роздавання кормів  
для ферми великої рогатої худоби  
з розробкою змішувача безперервної дії**

**Виконав:** студент 3 курсу, групи АІС-1-22 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Хитайлов Ярослав Ігорович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Алієв Ельчин Бахтияр огли

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Луц Павло Михайлович

# ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

прізвище, ініціали

«07» травня 2025 р

## З А В Д А Н Н Я

### НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Хитайлову Ярославу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема проєкту:** Удосконалення технологічної лінії приготування і роздавання кормів для ферми великої рогатої худоби з розробкою змішувача безперервної дії

керівник проєкту Алієв Ельчин Бахтияр огли, д.т.н., старший дослідник

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«07» травня 2025 року № 964

**2. Строк подання студентом проєкту** 07.06.2025 р.

**3. Вихідні дані до проєкту** Аналіз сучасного стану тваринництва та наявних технологій приготування кормів. Проведення патентного пошуку, вивчення наукових публікацій і останніх досліджень за обраним напрямом.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Характеристика господарства. Аналіз технічних і технологічних рішень. 2. Проєктування механізованої лінії приготування кормів. 3. Розробка змішувача кормів безперервної дії. 4. Охорона праці та

захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна ефективність проєкту. Висновки та пропозиції. Бібліографія. Додатки.

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

1. План, розріз корівника (A1). 2. Схема лінії змішування (A1). 3. Змішувач кормів безперервної дії. Вигляд загальний (A1). 4. Шнек. Складальне креслення (A1). 5. Корпус підшипника (A3). 6. Виток (A3). 7. Кришка підшипника (A4). 8. Цапфа ліва (A4). 9. Кришка велика (A4). 10. Кришка мала (A4). 11. Економічні показники (A1).

### **6. Консультанти розділів проєкту**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Алієв Е.Б., професор	07.05.2025	07.06.2025
нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		07.06.2025

**7. Дата видачі завдання:**

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2025 р.	
2	Технологічний	до 15.04.2025 р.	
3	Конструкційний	до 30.04.2025 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2025 р.	
5	Економічний	до 22.05.2025 р.	
6	Графічна частина	до 05.06.2025 р.	

**Студент**

\_\_\_\_\_

(підпис )

**Хитайлов Я.І.**

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**Керівник проєкту**

\_\_\_\_\_

(підпис )

**Алієв Е.Б.**

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

Хитайлов Я.І. Удосконалення технологічної лінії приготування і роздавання кормів для ферми великої рогатої худоби з розробкою змішувача безперервної дії / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У проєкті проведено комплексне дослідження стану тваринницької галузі сільськогосподарського підприємства та обґрунтовано напрями її модернізації. З урахуванням аналізу зоотехнічних вимог і потреб господарства спроектовано механізовану лінію приготування повнораціонних кормових сумішей. Розроблено конструкцію змішувача кормів безперервної дії стрічкового типу, яка забезпечує ефективне перемішування широкого спектра кормових компонентів із дотриманням ветеринарно-гігієнічних вимог. Наведено технологічний, кінематичний і міцнісний розрахунки основних елементів машини. Запропоновано організаційно-технічні заходи з охорони праці та забезпечення безпечних умов роботи в кормоцеху. Проведено техніко-економічне обґрунтування проєкту, за результатами якого підтверджено доцільність упровадження розробленої технології в умовах господарства.

*Ключові слова:* тваринництво, кормоцех, повнораціонна суміш, змішувач безперервної дії, стрічковий шнек, механізація, охорона праці, економічна ефективність.

## Зміст

Вступ.....	8
<b>1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ .....</b>	<b>10</b>
1.1 Коротка характеристика господарства.....	10
1.2 Продукція рослинництва .....	11
1.3 Продукція тваринництва.....	13
1.4 Висновки до розділу.....	16
<b>2 ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ.....</b>	<b>18</b>
2.1 Обґрунтування вибору способу утримання худоби на фермі та розробка режиму її функціонування .....	18
2.2 Формування структури поголів'я та розрахунок умовної кількості тварин.....	20
2.3 Оцінка добової та разової потреби тварин у кормах .....	21
2.4 Обґрунтування вибору технології приготування кормів .....	23
2.5 Зоотехнічні вимоги до процесу змішування кормів .....	24
2.6 Розробка та обґрунтування загальної технологічної схеми кормоцеху ....	26
2.7 Визначення продуктивності технологічної лінії, підбір обладнання для виконання технологічних операцій та визначення його кількості ....	27
2.8 Висновки до розділу.....	29
<b>3 РОЗРОБКА ЗМІШУВАЧА КОРМІВ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ .....</b>	<b>30</b>
3.1 Зоотехнічні вимоги до машини .....	30
3.2 Аналіз існуючих засобів механізації та обґрунтування вибору об'єкта розробки.....	31
3.3 Опис конструкції змішувача та принципу його функціонування.....	33
3.4 Технологічний розрахунок змішувача .....	35
3.5 Кінематичний розрахунок і визначення потужності привода .....	37
3.6 Розрахунок основних деталей на міцність .....	39

	7
3.7 Висновки до розділу.....	41
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ..	42
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ .....	46
ВИСНОВКИ .....	50
БІБЛІОГРАФІЯ .....	52
Додатки.....	56

## Вступ

Зростання обсягів продукції тваринництва, зокрема виробництва молока, повинне супроводжуватись розвитком і модернізацією матеріально-технічної бази галузі. Це передбачає будівництво нових тваринницьких комплексів і ферм, модернізацію діючих виробничих об'єктів, впровадження високоефективного сучасного обладнання, а також оптимізацію та інтенсифікацію технологічних процесів.

Ключовим чинником підвищення ефективності тваринництва є впровадження принципів потокової організації виробництва на фермах. Це досягається шляхом створення механізованих технологічних ліній, які об'єднують окремі технологічні операції в єдині агрегати, що дозволяє не лише автоматизувати процеси, але й забезпечити стабільний контроль і регулювання основних виробничих параметрів.

Суттєвий вплив на результати роботи великотоварних ферм великої рогатої худоби має технічне забезпечення, зокрема, якість і надійність функціонування обладнання поточкових ліній обслуговування тварин. Збої в роботі технічних засобів можуть призводити до погіршення продуктивності тварин і зниження якості отримуваної продукції. У зв'язку з цим особливого значення набуває грамотний вибір обладнання, правильне компонування технічних засобів у межах технологічних ліній, а також чітка організація їх експлуатації та своєчасного технічного обслуговування.

У цьому дипломному проєкті розглядаються питання вдосконалення технологічного процесу на прикладі механізованої лінії змішування та вивантаження кормосуміші в умовах господарства, яке обслуговує ТОВ «ДОНСПЕЦМОНТАЖ-АГРО», розташованого в Запорізькому районі Запорізької області. Реалізація запропонованих технічних рішень спрямована на підвищення ефективності годівлі, скорочення трудових витрат та забезпечення стабільної якості кормів, що у кінцевому підсумку

позитивно вплине на продуктивність тварин і економічні показники господарства.

**Мета дослідження:** розробити та впровадити технологічно й економічно ефективну систему годівлі великої рогатої худоби шляхом модернізації технічного оснащення, оптимізації структури утримання тварин, впровадження раціонального планування кормової бази і створення змішувача кормів безперервної дії для підвищення продуктивності тваринництва та економічної ефективності виробництва.

**Завдання дослідження:**

1. Провести аналіз сучасного стану тваринницької галузі підприємства та виявити основні проблеми, що стримують її розвиток.
2. Обґрунтувати комбіновану систему утримання великої рогатої худоби та організацію режиму роботи ферми з урахуванням біологічних потреб тварин.
3. Розробити структуру поголів'я та здійснити розрахунки умовної кількості тварин, добової і разової потреби в кормах для ефективного планування виробництва.
4. Обґрунтувати вибір типу та конструкції змішувача повнораціонних кормових сумішей відповідно до зоотехнічних вимог і провести технологічний розрахунок продуктивності.
5. Створити конструкцію стрічкового шнекового змішувача безперервної дії з урахуванням санітарних, енергетичних і конструктивних вимог, а також можливості подальшої модернізації.
6. Розробити систему охорони праці в кормоцеху, спрямовану на зниження виробничих ризиків і підвищення рівня безпеки праці.
7. Оцінити економічну ефективність впровадження технологічної лінії змішування та вивантаження кормосуміші шляхом розрахунку питомих витрат і строку окупності інвестицій.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

## 1.1 Коротка характеристика господарства

Господарство, яке обслуговує ТОВ «ДОНСПЕЦМОНТАЖ-АГРО», знаходиться у Запорізькому районі Запорізької області, розташоване в східній частині району. Адміністративний центр знаходиться за 13 км від м. Запоріжжя. Відстань до найближчої автомагістралі – 12 км. Зв'язок із залізницею, районним і обласним центрами здійснюється через мережу асфальтованих автомобільних доріг, які перебувають у задовільному експлуатаційному стані.

Основні напрями діяльності господарства охоплюють рослинництво і тваринництво. У галузі рослинництва підприємство спеціалізується на вирощуванні зернових культур (пшениця, ячмінь, кукурудза) та технічних культур (соняшник). У тваринницькій сфері воно займається розведенням великої рогатої худоби та свиней. Загальна виробнича спеціалізація господарства може бути охарактеризована як зерново-м'ясо-молочна.

Господарство розташоване в агрокліматичній зоні Південного Степу України, що вирізняється континентальним кліматом із підвищеною температурою повітря та обмеженим рівнем атмосферних опадів. Середньомісячна температура січня коливається в межах  $-6...-8^{\circ}\text{C}$ , а липня –  $+24...+34^{\circ}\text{C}$ . Тривалість безморозного періоду становить приблизно 176–181 днів на рік. Заморозки, як правило, припадають на першу декаду травня та другу декаду жовтня. Вегетаційний період триває від 205 до 215 днів, що є сприятливим для вирощування більшості польових культур.

Кліматичні умови регіону відзначаються нестабільною кількістю опадів, середньорічний показник яких становить 325–365 мм. Основна частина опадів (близько 70%) припадає на зимово-весняний період, тоді як

літо часто характеризується тривалими посухами. Наприклад, у липні 2023 року спостерігався лише один дощ, а в серпні опадів не зафіксовано зовсім. Такий дефіцит вологи негативно впливає на урожайність сільськогосподарських культур, вирощуваних у господарстві.

Зимовий період зазвичай малосніжний. Сніговий покрив має незначну висоту — від 5 до 10 см, із частими відлигами, які чергуються з морозами, що ускладнює зимівлю озимих культур.

Рельєф господарства переважно рівнинний із незначними ухилами ґрунтової поверхні – 1–4°, а в прибалкових зонах – до 5–9°. Ґрунтовий покрив представлений важкосуглинистими каштановими чорноземами з умістом гумусу в орному шарі на рівні 2,2–2,9%. Родючість ґрунтів оцінюється як середня. Зволоження забезпечується переважно атмосферними опадами, оскільки система зрошення на території господарства відсутня.

В цілому, кліматично-природні умови господарства є придатними для вирощування зернових, технічних і кормових культур, включаючи пшеницю, ячмінь, кукурудзу, соняшник, баштанні, овочеві культури, а також однорічні й багаторічні трави, що забезпечує стабільну кормову базу для розвитку тваринництва.

## **1.2 Продукція рослинництва**

Господарство є багатопрофільним, у якому поряд із тваринництвом (виробництво м'яса й молока) активно розвивається рослинництво – вирощуються зернові, кормові культури та овочі. Через тісний взаємозв'язок між цими двома напрямками, результати роботи рослинницької галузі суттєво впливають на ефективність тваринництва.

Один із факторів, що визначає можливості сільськогосподарського виробництва, – це структура угідь підприємства. Вона представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Структура сільськогосподарських угідь

Найменування	2022	2023	2024
Загальна площа земель	4587	4451	4222
Усього сільськогосподарських угідь	4289	4164	3933
Рілля	4079	3962	3732
Багаторічні насадження	209	201	185
Інші угіддя	46	46	42

Переважна частина ріллі засівається зерновими та кормовими культурами. З аналізу показників видно, що за останні три роки площі, зайняті під технічні культури, зросли на 19%, тоді як площі під кормові культури скоротилися на 21%.

У 2022 році 32% ріллі було відведено під озиму пшеницю – головну культуру господарства. Крім того, яровим ячменем засіяно 410 га, кукурудзою – 168 га, соняшником – 571 га, а під багаторічні трави виділено 152 га.

Оцінка продуктивності сільгоспугідь базується на показниках урожайності культур. Так, урожайність озимої пшениці становила: у 2022 році — 31 ц/га, у 2023 — 27,5 ц/га, у 2024 — 32 ц/га. Водночас урожайність ячменю у ці роки відповідно становила: 18,6, 15,4 та 20,1 ц/га.

Причинами зниження урожайності є несприятливі погодні умови, недостатня увага до агротехнічних вимог, зростання вартості сільськогосподарської техніки, насіння, добрив і засобів захисту рослин. Відсутність зрошувальних систем у господарстві також негативно позначається на результатах.

Подібна ситуація спостерігається і щодо кормових культур: урожайність кукурудзи на силос у 2022 році становила 156 ц/га, у 2023 — 134 ц/га, у 2024 — 171 ц/га, що є значно нижчим порівняно з передовими господарствами області.

Спостерігається зростання трудомісткості на виробництво одиниці продукції, що зумовлено збільшенням обсягу ручних робіт у технологічних процесах вирощування сільгоспкультур.

Таблиця 1.2 – Трудові витрати на виробництво 1 т продукції рослинництва  
(люд.-год)

Культура	2022	2023	2024
Озимі зернові	16,6	17,7	17,5
Ярові зернові	14,7	14,5	15,7
Соняшник	19,4	17,2	20,6
Багаторічні трави	3,2	4,2	4,4

Таблиця 1.3 – Наявність сільськогосподарської техніки

Назва техніки	Кількість
Трактори гусеничні	6
Трактори колісні	16
Вантажні автомобілі	11
Плуги	12
Культиватори	13
Борони	78
Сівалки	11
Зчіпки	7
Косарки-подрібнювачі	1
Підбирачі-копнувачі	2
Стогоклади	2
Зернозбиральні комбайни	7
Кукурудзозбиральні комбайни	8
Жатки навісні	5
Добриворозки	8
Причепи	4
Дощувальні установки	2
Зерноочисні машини	4

Хоча господарство має у своєму розпорядженні основний набір техніки, більшість машин є технічно зношеними. Оновлення машинно-тракторного парку в останні роки практично не здійснювалося.

### 1.3 Продукція тваринництва

У виробничій діяльності вагоме місце займає тваринництво. На початку звітної періоду у господарстві діяли дві ферми: одна з утримання

великої рогатої худоби (ВРХ) і одна свиноферма. Ще одна ферма, призначена для відгодівлі овець, перебуває в режимі консервації через повну відсутність поголів'я. На фермі ВРХ утримуються корови, телята та молодняк на відгодівлі.

Зміни чисельності тварин у господарстві відображено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Динаміка поголів'я тварин, голів

Група тварин	2022	2023	2024
ВРХ, всього	378	333	323
у т.ч. корови	218	204	202
ВРХ на відгодівлі	157	128	122
Свині	243	214	239

Як видно з таблиці, кількість ВРХ у господарстві поступово скорочується. Поголів'я свиней залишається незначним, а вівчарство фактично припинено з 2023 року. Причинами зменшення тварин є постійне зростання витрат на ведення тваринництва та не вигідні закупівельні ціни на продукцію галузі.

Одним із ключових індикаторів ефективності тваринництва є продуктивність тварин. Динаміка цих показників наведена в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Зміна продуктивності тварин

Показник	2022	2023	2024
Удій молока з розрахунку на 1 середньорічну корову, кг	2236	2561	2531
Одержано телят на 100 корів, гол.	67	61	75
Середньодобовий привіс ВРХ, г/гол	321	351	343
Середньодобовий привіс свиней, г/гол	292	303	351
Кількість живих поросят, гол.	252	261	285

Із наведених даних видно, що в порівнянні з кращими господарствами області та України рівень продуктивності в господарстві є низьким. Водночас, окремі показники демонструють позитивну динаміку.

Про результати діяльності галузі також свідчать обсяги виробництва

продукції, подані в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Обсяги виробництва продукції тваринництва, т

Вид продукції	2022	2023	2024
Молоко	489,3	524,7	513,3
Яловичина	18,2	16,3	15,1
Свинина	26,1	23,8	30,7

Обсяги виробництва основної продукції тваринництва змінюються нерівномірно, що пов'язано з низькою продуктивністю, скороченням поголів'я та незбалансованим раціоном годівлі.

Важливим критерієм ефективності виробництва є собівартість продукції. У таблицях 1.7 і 1.8 наведені відповідно собівартість одиниці продукції та структура витрат на виробництво молока.

Таблиця 1.7 – Собівартість 1 т тваринницької продукції, грн

Вид продукції	2022	2023	2024
Молоко	9479	9633	10982
Яловичина	94023	111363	117991
Свинина	123000	118222	137026

Таблиця 1.8 – Структура собівартості виробництва молока, %

Стаття витрат	2022	2023	2024
Корма	44	42	50
Електроенергія	6	7	5
ПММ	7	14	7
Ремонтні витрати	11	7	5
Амортизація	13	12	14
Оплата праці	10	12	15
Відрахування	9	6	4
Разом	100	100	100

З таблиці видно, що найбільшу частку у собівартості молока займають витрати на корми, амортизацію та оплату праці.

Оскільки кормові витрати є найвагомими, доцільно

проаналізувати їх у розрахунку на одиницю продукції (табл. 1.9).

Таблиця 1.9 – Витрати кормів на виробництво 1 т продукції, т корм. од.

Вид продукції	2022	2023	2024
Молоко	1,78	1,68	1,95
Яловичина	15,1	11,6	15,5
Свинина	10,4	9,3	11,2

Усі показники перевищують нормативи, що пояснюється низькою якістю заготівлі, зберігання та обробки кормів.

Рівень механізації виробничих процесів також значною мірою впливає на собівартість продукції. Відповідні дані наведено в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Рівень механізації технологічних процесів на фермах, %

Процес	2003	2004	2005
Водопостачання і напування	98	98	98
Приготування кормів	77	62	62
Доставка і роздача кормів	91	91	84
Прибирання гною	82	75	72
Доїння та обробка молока	85	85	84

З аналізу видно, що рівень механізації знижується, що пов'язано зі зношенням техніки та нестачею коштів на її відновлення. Найменш механізованими залишаються процеси приготування кормів, видалення гною та годівля. Техніка на фермах майже повністю вичерпала ресурс, нове обладнання не надходить, а запасні частини для ремонту постачаються нерегулярно. Внаслідок цього діюча техніка працює автономно, а не в складі автоматизованих технологічних ліній.

#### 1.4 Висновки до розділу

На основі проведеного аналізу виробничо-господарської діяльності можна дійти висновку, що тваринницька галузь підприємства перебуває в

незадовільному стані. Зокрема, спостерігається скорочення поголів'я тварин у всіх вікових і статевих групах, що свідчить про зниження виробничого потенціалу. Забезпечення худоби кормами є недостатнім, що негативно позначається на фізіологічному стані тварин і їхній продуктивності. Показники продуктивності залишаються низькими порівняно з середніми по області та країні. Окрім цього, рівень механізації основних технологічних процесів на фермі великої рогатої худоби є вкрай низьким і демонструє тенденцію до подальшого зниження через відсутність оновлення техніки, часті поломки обладнання і брак запасних частин для його ремонту.

Для усунення виявлених недоліків доцільно реалізувати комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності тваринництва. По-перше, необхідно збільшити виробництво кормів у господарстві шляхом розширення площ посіву кормових культур, удосконалення агротехнологій, підвищення врожайності за рахунок впровадження високопродуктивних сортів і гібридів. По-друге, слід підвищити продуктивність тварин завдяки розробці і впровадженню повноцінних збалансованих раціонів, забезпечити якісну заготівлю, зберігання та підготовку кормів перед згодовуванням. Важливо організувати доставку кормів у суворій відповідності до раціонів і згідно з розпорядком дня. По-третє, необхідно підвищити рівень механізації виробничих процесів на фермах, модернізувати наявне обладнання або замінити його на нове, а також впровадити механізовані технологічні лінії, які дозволять раціонально використовувати трудові та матеріальні ресурси. Важливим завданням є також оптимізація складу механізованих ліній за економічними критеріями для зменшення витрат на виробництво тваринницької продукції.

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ

### 2.1 Обґрунтування вибору способу утримання худоби на фермі та розробка режиму її функціонування

У сучасних умовах ведення тваринництва для великої рогатої худоби застосовуються два основні способи утримання: прив'язний та безприв'язний. Безприв'язне утримання може реалізовуватись у формі вільного доступу до вигульних майданчиків з утриманням на глибокій підстилці або шляхом розміщення тварин у спеціальних боксах. У першому випадку худоба має змогу вільно пересуватись у зоні відпочинку та годування, що сприяє природній активності та зменшує стресові фактори. У другому варіанті тварини розміщуються групами у боксах або комбібоксах, при цьому приміщення обладнуються окремими зонами для відпочинку та прийому корму. Для зручності подачі кормів і догляду між рядами встановлюють кормові проходи шириною не менше 2,3 м, а гній видаляється через спеціальні проходи. Незалежно від обраного варіанту, доїння корів здійснюється у спеціалізованих доїльних приміщеннях.

До переваг безприв'язного утримання належать менша потреба в обслуговуючому персоналі та обладнанні, зниження трудомісткості основних операцій і зменшення собівартості продукції. Водночас така система вимагає постійної наявності великої кількості кормів та підстилки, що збільшує витрати на їх заготівлю та зберігання.

Прив'язне утримання передбачає індивідуальне закріплення кожної тварини у стійлі, обладнаному годівницею, напувалкою та каналом для гною. У зимовий період тварини знаходяться у приміщеннях з можливістю щоденного моціону на вигульних майданчиках, а влітку – на вигульно-кормових двориках або у таборах. Кормороздавання здійснюється пересувними або стаціонарними пристроями, а видалення гною –

механізованими транспортерами. Для доїння використовують молокопровідні установки або переносні доїльні відра. Основною перевагою прив'язного способу є можливість індивідуального підходу до кожної тварини, контроль раціону та підвищення продуктивності. Однак, такий спосіб потребує значних трудових і технічних ресурсів.

На фермі застосовується комбінована система утримання великої рогатої худоби: для дійного стада – прив'язна, для тварин на відгодівлі – безприв'язна. Такий підхід дає змогу поєднати переваги обох систем відповідно до функціонального призначення кожної групи поголів'я.

Для ефективної організації виробництва та оптимального використання ресурсів важливо визначити чіткий режим роботи ферми. Він має враховувати не лише технологічні процеси, але й біологічні потреби тварин. Функціонування ферми планується у дві зміни. Режим роботи операторів, відповідальних за обслуговування худоби, викладений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Режим роботи ферми ВРХ (в годинах)

Найменування операції	Початок	Кінець	Тривалість
Перша зміна			
1. Очищення годівниць, прибирання гною	6,00	7,00	2,00
2. Роздавання кормів: дійне стадо	7,00	7,45	1,45
– ВРХ на відгодівлі	7,45	8,30	1,45
3. Доїння, миття доїльного обладнання	8,30	10,30	3,00
4. Прогулянка тварин	10,30	12,30	3,00
5. Кормовіддача, заміна підстилки, зооветзаходи	12,30	14,30	3,00
6. Прибирання робочого місця, передача зміни	14,30	15,00	1,30
Друга зміна			
1. Ветеринарно-санітарні заходи	15,00	17,00	3,00
2. Очищення годівниць, стійл, прибирання гною	17,00	18,00	2,00
3. Вигул тварин	18,00	20,00	3,00
4. Доїння, миття молочного інвентарю	20,00	22,00	3,00
5. Роздавання кормів: дійне стадо	22,00	22,45	1,45
– ВРХ на відгодівлі	22,45	23,30	1,45
6. Завершення зміни, передача поголів'я нічному скотарю	23,30	24,00	1,30

## 2.2 Формування структури поголів'я та розрахунок умовної кількості тварин

Для точного планування потреб у кормах, засобах механізації та організації обслуговування тварин на фермі необхідно знати склад стада за статевовіковими групами та розрахувати умовну кількість голів. Структура стада відображає відсоткове співвідношення окремих груп тварин залежно від їх віку та фізіологічного стану.

У цьому розрахунку виходимо з того, що на фермі одночасно утримуватиметься 230 голів дійного стада та 270 голів молодняка на відгодівлі.

Кількість тварин у кожній групі визначається за формулою:

$$m_{\text{гр.}} = \frac{M \cdot \delta}{100}, \quad (2.1)$$

де  $M$  – загальна чисельність стада, голів;  $\delta$  – частка тварин певної статевовікової групи, %.

Для дійного стада приймається така структура:

- дійні корови – 78%;
- сухостійні корови – 17%;
- телята віком до 20 діб – 5%.

Розрахунок чисельності:

- дійні корови:  $230 \cdot 0,78 = 179,4 \approx 179$  голів;
- сухостійні:  $230 \cdot 0,17 = 39,1 \approx 39$  голів;
- телята:  $230 \cdot 0,05 = 11,5 \approx 12$  голів.

Для відгодівельного стада структура буде такою:

- телята віком від 20 днів до 6 місяців – 36%;
- телята віком від 6 до 12 місяців – 32%;
- молодняк віком від 12 до 18 місяців – 32%.

Розрахунок чисельності:

- телята (до 6 міс.):  $270 \cdot 0,36 = 97,2 \approx 97$  голів;
- телята (6–12 міс.):  $270 \cdot 0,32 = 86,4 \approx 86$  голів;
- молодняк (12–18 міс.):  $270 \cdot 0,32 = 86,4 \approx 87$  голів.

Розрахунок умовної кількості поголів'я проводиться за формулою:

$$M_{\text{ум}} = \sum_{i=1}^n m_{\text{гр.}i} \cdot K_{\text{ум.}i}, \quad (2.2)$$

де  $n$  – кількість груп тварин;  $m_{\text{гр.}i}$  – чисельність тварин у  $i$ -тій групі, гол.;  $K_{\text{ум.}i}$  – умовний перерахунковий коефіцієнт.

Умовна чисельність дійного стада:

- дійні корови:  $179 \cdot 1,0 = 179$  ум. гол.;
- сухостійні корови:  $39 \cdot 0,8 = 31,2$  ум. гол.;
- телята (до 20 діб):  $12 \cdot 0,24 = 2,88$  ум. гол..

Разом: 213,08 умовних голів.

Умовна чисельність відгодівельного стада:

- телята (до 6 міс.):  $97 \cdot 0,24 = 23,28$  ум. гол.;
- телята (6–12 міс.):  $86 \cdot 0,45 = 38,7$  ум. гол.;
- молодняк (12–18 міс.):  $87 \cdot 0,7 = 60,9$  ум. гол..

Разом: 122,88 умовних голів.

Загальна умовна чисельність тварин на фермі становить:

$$M_{\text{ум}} = 213,08 + 122,88 = 335,96 \approx 336 \text{ умовних голів.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо  $M_{\text{ум}} = 336$  умовних голів.

### 2.3 Оцінка добової та разової потреби тварин у кормах

Щоб визначити добову і разову потребу тварин у кормах, необхідно мати дані про раціони їх годівлі. Формування раціону залежить від кліматичної зони, виду та віку тварин, їх продуктивності, маси тіла тощо.

У межах цього дипломного проєкту розглядаються раціони годівлі для зимового та літнього періодів. За основу взяті норми для груп тварин із коефіцієнтом переведення в умовні голови, що дорівнює одиниці. До таких

груп належать дійні корови, сухостійні корови та дорослі тварини, які перебувають на відгодівлі.

Зведена інформація про раціони представлена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Раціон годівлі дійних і сухостійних корів (маса 500 кг, добовий надій 15 кг) та відгодівельної худоби

Вид корму	Зимовий період (кг)	Літній період (кг)
Силос із кукурудзи	19,5	–
Сіно злакове і бобове	2,1	–
Солома озима та яра	2,7	–
Буряк кормовий	14,8	–
Морква кормова	1,4	–
Концентровані корми	4,3	2,9
Обезфторений фосфат	0,07	0,035
Сіль кухонна	0,11	0,09
Зелені корми	–	52,5

Добову потребу кожного виду корму для всього поголів'я (умовного) розраховують за такими формулами:

$$P_{\text{доб.і}}^z = M_{\text{ум}} \cdot q_i^z, \quad (2.3)$$

$$P_{\text{доб.і}}^л = M_{\text{ум}} \cdot q_i^л, \quad (2.4)$$

де  $M_{\text{ум}}$  – умовна кількість голів, голів;  $q_i^z$  – добові зимові та літні норми споживання і-го корму на одну умовну голову, кг/гол.

Для прикладу:

- Добова потреба у кормовому буряку:

$$P_{\text{бур}}^z = 14,8 \times 392 = 5802 \text{ кг};$$

$$P_{\text{бур}}^л = 0 \text{ кг};$$

- Добова потреба у кормовій моркві:

$$P_{\text{морк}}^z = 1,4 \times 392 = 548,8 \text{ кг};$$

$$P_{\text{морк}}^л = 0 \text{ кг}.$$

З урахуванням розпорядку дня ферми (див. табл. 2.1), добове споживання кормів розподіляється на три годівлі. Вважається, що найбільший обсяг кормів (до 40%) видається під час обідньої годівлі. Грубі

корми (сіно, солома) здебільшого надаються вранці та ввечері, тоді як концентровані та мінеральні корми розподіляють рівномірно.

Разову кількість корму обчислюють за формулою:

$$P_{\text{раз.і}} = \beta \cdot P_{\text{доб.і}}, \quad (2.5)$$

де  $P_{\text{доб.і}}$  – добова потреба в і-му кормі, кг;  $\beta$  – частка корму, яка припадає на конкретну годівлю.

Нижче подано результати розподілу добової потреби в кормах між трьома годівлями для зимового періоду.

Таблиця 2.3 – Розподіл добової потреби в кормах для ВРХ

Вид корму	Добова потреба, кг	1-а годівля (30%)	2-а годівля (40%)	3-я годівля (30%)
Силос із кукурудзи	7644	2293	3058	2293
Сіно	823	329	165	329
Солома	1058	529	–	529
Буряк кормовий	5802	2901	2901	–
Морква кормова	549	274	274	–
Концентровані корми	1686	590	506	590
Обезфторений фосфат	27,4	9,6	8,2	9,6
Сіль кухонна	36,2	12,7	10,8	12,7

## 2.4 Обґрунтування вибору технології приготування кормів

Процес приготування кормів передбачає виконання комплексу технологічних операцій, спрямованих на зміну властивостей кормової сировини для підвищення її засвоюваності та ефективного використання в раціонах тварин. Залежно від виду корму, його структури, поживної цінності та ролі у раціоні тварин, визначаються оптимальні способи обробки. До обов'язкових операцій при підготовці більшості видів кормів належать очищення, подрібнення, дозування та змішування. Саме останні дві операції мають особливе значення при формуванні повнораціонних кормових сумішей, які відповідають потребам у поживних речовинах.

На практиці приготування кормів може реалізовуватись кількома

технологічними підходами:

- Без спеціальної обробки – корми змішують після очищення та подрібнення без термічного або хімічного втручання. Такий підхід дозволяє мінімізувати витрати на обладнання та енергію, забезпечуючи при цьому необхідну якість кормової суміші.

- З тепловою обробкою компонентів – окремі інгредієнти (особливо зіпсовані або важкозасвоювані) піддаються термічному впливу для підвищення гігієнічних та кормових властивостей. Така обробка доцільна при використанні пліснявих кормів, великої кількості грубих кормів або соковитих бульбоплодів.

- З використанням спеціальних методів (хімічна, баротермічна, ІЧ-обробка) – ці методи дозволяють покращити структуру клітковини, зменшити вміст антипоживних речовин і підвищити енергетичну цінність кормів. Але впровадження таких технологій потребує значних інвестицій та складного обладнання, тому вони застосовуються лише у специфічних умовах.

Ураховуючи технологічний рівень, кормову базу та види тварин, що утримуються в господарстві, найбільш доцільним є перший варіант – приготування кормових сумішей шляхом подрібнення і змішування без додаткової обробки. Усі компоненти змішуються у безперервному режимі, що забезпечує необхідну рівномірність суміші та високу продуктивність кормоцеху. Змішування є ключовою технологічною операцією, від якої залежить ефективність усього процесу.

## **2.5 Зоотехнічні вимоги до процесу змішування кормів**

Рівномірне змішування компонентів є критично важливим для забезпечення збалансованого надходження поживних речовин у організм тварини. Однорідність кормових сумішей дозволяє уникнути перевитрати дорогих добавок, зменшує ризик дефіциту або передозування окремих

компонентів та покращує поїдання кормів.

Основним критерієм якості змішування є ступінь однорідності кормової суміші. Згідно із зоотехнічними нормативами:

- для великої рогатої худоби рівень однорідності повинен становити не менше 82% (для сумішей з карбамідом – щонайменше 92%);
- для свиней – 92% (а при використанні харчових відходів – від 82%);
- для овець – у межах 76...82%.

Допустимі значення однорідності у кормових сумішах залежно від виду тварин наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Нормовані значення однорідності кормосумішей відповідно до зоотехнічних вимог

Призначення кормосуміші	Ступінь однорідності, %
Для поросят (до 4 місяців)	94
Для свиней усіх вікових груп	86...91
Для птиці	85...89
Для великої рогатої худоби	91...96

Обладнання для змішування має відповідати ряду вимог:

- забезпечення високого ступеня змішування відповідно до нормативів;
- універсальність (можливість змішування різних видів кормів);
- продуктивність, що дозволяє приготувати необхідний обсяг суміші за 1–2 години;
- економічність з точки зору споживання енергії;
- сумісність з механізованими системами подачі та вивантаження компонентів;
- простота конструкції, надійність і зручність в обслуговуванні.

## 2.6 Розробка та обґрунтування загальної технологічної схеми кормоцеху

На підставі прийнятого підходу до приготування кормів, враховуючи зоотехнічні вимоги та доступне технічне оснащення, розроблено загальну схему технологічної лінії змішування кормів, зображену на рисунку 2.1.

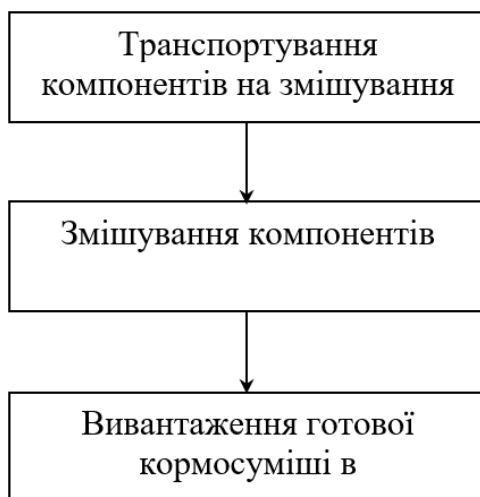


Рисунок 2.1 – Загальна схема технологічної лінії змішування та вивантаження кормосуміші

Схема демонструє послідовність основних операцій – від подачі компонентів до видачі готової кормосуміші. Це дає можливість оптимізувати технологічний процес, уникнути дублювання операцій, правильно підібрати обладнання.

Проаналізувавши схему, можна зробити такі висновки:

- транспортування кормових компонентів до змішувача буде виконуватись за допомогою стрічкових або скребкових транспортерів;
- змішування відбуватиметься у змішувачі безперервної дії, що відповідає вимогам до продуктивності та якості;
- готова суміш буде вивантажуватись із застосуванням вивантажувального транспортера, що забезпечує подачу до місця згодовування або у транспортний засіб.

## 2.7 Визначення продуктивності технологічної лінії, підбір обладнання для виконання технологічних операцій та визначення його кількості

Продуктивність технологічної лінії змішування кормів розраховується за формулою:

$$W_{\text{т.л}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{MAX}}}{t_{\text{л}} \cdot \tau}, \quad (2.6)$$

де  $\Sigma P_{\text{MAX}}$  – загальна маса кормових компонентів, що підлягають обробці протягом доби, кг (див. таблицю 2.3);  $t_{\text{л}}$  – кількість годин ефективної роботи лінії протягом доби, год;  $\tau$  – коефіцієнт корисного використання часу, приймається в межах 0,85...0,9

$$W_{\text{т.л}} = \frac{3232 + 162 + 3030 + 303 + 525 + 10,5 + 13,1}{1,0 \cdot 0,85} = 8560 \text{ кг / год}$$

Відповідно до прийнятої схеми (рисунок 2.1) та залежно від комплектації обладнання, було розглянуто три альтернативні варіанти побудови технологічної лінії:

### Варіант 1:

- транспортування компонентів корму здійснюється стрічковим транспортером ТЛ–65;
- змішування – у змішувачі ИСК–3А (порційного типу);
- вивантаження готової суміші – транспортером ТС–40М.

### Варіант 2:

- завантаження та вивантаження – транспортером ТС–40М;
- змішування – у змішувачі С–30 (безперервної дії).

### Варіант 3:

- транспортування компонентів – ТЛ–65;
- змішування – у змішувачі 02МТД.228 (вертикального типу);
- вивантаження – ТС–40М.

Кількість машин кожного типу визначається за формулою:

$$n = \frac{W_{\text{Т.Л}}}{W_{\text{М}}}, \quad (2.7)$$

де  $Q$  – необхідна продуктивність лінії, т/год;  $W_{\text{М}}$  – номінальна продуктивність одиниці обладнання, т/год.

На основі типових параметрів машин приймаємо:

$$\text{– ТЛ–65 – } n_{\text{ТЛ–65}} = \frac{8,56}{20,0} = 0,43;$$

$$\text{– ИСК–3А – } n_{\text{ИСК–3А}} = \frac{8,56}{15,0} = 0,57;$$

$$\text{– С–30 – } n_{\text{С–30}} = \frac{8,56}{25,0} = 0,34;$$

$$\text{– 02МТД.228 – } n_{\text{2МТД.280}} = \frac{8,56}{20,0} = 0,43;$$

$$\text{– ТС–40М – } n_{\text{ТС–40М}} = \frac{8,56}{20,0} = 0,43.$$

З урахуванням добового обсягу змішування кормів у межах 15–18 тонн і враховуючи восьмигодинний робочий день при коефіцієнті використання часу 0,9, продуктивність технологічної лінії повинна становити не менше:

$$Q = 180008 \cdot 0,9 \approx 2500 \text{ кг/год} = 2,5 \text{ т/год.}$$

Таким чином, усі варіанти комплектації машин відповідають заданій продуктивності, тому для кожного з них приймається по одній одиниці обладнання кожного типу:

- **Варіант 1:** ТЛ–65 – 1 шт.; ИСК–3А – 1 шт.  
ТС–40М – 1 шт.

- **Варіант 2:** ТС–40М – 2 шт. (на завантаження і вивантаження);  
С–30 – 1 шт.

- **Варіант 3:** ТЛ–65 – 1 шт.; 02МТД.228 – 1 шт.  
ТС–40М – 1 шт.

## 2.8 Висновки до розділу

На фермі обґрунтовано впроваджено комбіновану систему утримання великої рогатої худоби: прив'язну – для дійного стада з метою індивідуального догляду та контролю продуктивності, та безприв'язну – для молодняка на відгодівлі з метою зниження трудових витрат і забезпечення вільного пересування тварин. Режим роботи ферми організовано у дві зміни відповідно до біологічних потреб тварин і технологічних процесів. Проведено формування структури поголів'я і розраховано умовну кількість тварин – 336 умовних голів, що дозволяє точно планувати потреби в кормах і технічних ресурсах. Визначено добову та разову потребу в основних видах кормів, враховуючи сезонність годівлі та кратність згодовування, що є основою для раціонального планування заготівлі кормів і ефективного ведення виробництва.

## 3 РОЗРОБКА ЗМІШУВАЧА КОРМІВ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

### 3.1 Зоотехнічні вимоги до машини

Найвищу ефективність годівлі тварин забезпечує використання кормів, які повністю відповідають їхнім фізіологічним потребам у поживних речовинах, мінералах, вітамінах та біологічно активних сполуках. Жоден окремий вид корму не може самостійно задовольнити всі ці потреби, тому виникає необхідність у складанні раціонів з використанням багатокомпонентних кормових сумішей.

Практика сучасного тваринництва і результати наукових досліджень свідчать, що згодовування повнораціонних комбікормів дає змогу підвищити продуктивність тварин на 25–30 %, одночасно скорочуючи період відгодівлі та зменшуючи витрати корму на одиницю продукції на 15–20 %. В залежності від прийнятої системи годівлі та наявного в господарстві кормового ресурсу, кормові суміші готують у різних формах: у вигляді сухих комбікормів із вологістю 10–15 %, вологих розсипних сумішей (45–70 %), рідких кормів (75–85 %), а також у формі гранул чи брикетів, які можуть бути одно- або багатокомпонентними.

Технологія приготування високоякісних комбікормів передбачає точне подрібнення, дозування та змішування компонентів з різними фізичними властивостями – структурою, фракційним складом, насипною щільністю. При цьому недопустимі значні відхилення від рецептури: для комбікормів – не більше  $\pm 1,5$  %, соковитих кормів –  $\pm 3,5$  %, рідких –  $\pm 2,5$  %, мінеральних добавок –  $\pm 1,0$  %. Для вологих розсипних сумішей допускаються вищі межі відхилень:  $\pm 15$  % для грубих і  $\pm 5$  % для концентрованих кормів.

Ці вимоги формують технічні критерії до машин, які реалізують процес змішування кормів. Зокрема, для змішувачів мають дотримуватись наступні зоотехнічні вимоги:

- висока і стабільна продуктивність;
- можливість гнучкого регулювання режиму роботи відповідно до виду корму та обсягу виробництва;
- легкість очищення робочих органів, що є необхідною умовою при санітарній обробці (митті, дезінфекції);
- універсальність у змішуванні інгредієнтів з різними фізико-механічними характеристиками;
- надійність у роботі та зручність в обслуговуванні;
- проста конструкція та доступність технічного догляду;
- стійкість матеріалів конструкції до агресивного середовища та хімічних впливів;
- забезпечення однорідності кормосуміші з мінімальними втратами поживної цінності;
- енергоефективність процесу;
- оптимальні техніко-економічні показники у порівнянні з наявними аналогами.

### **3.2 Аналіз існуючих засобів механізації та обґрунтування вибору об'єкта розробки**

Для механізованого приготування кормових сумішей застосовуються різні типи змішувачів: порційні або безперервної дії, горизонтальні або вертикальні, шнекові, лопатеві та барабанні. Ці пристрої можуть входити до складу кормоцехів або функціонувати автономно. Серед них також поширені універсальні машини, які виконують декілька технологічних операцій одночасно — змішування, подрібнення, транспортування, роздавання кормів, обробку суміші добавками тощо.

У межах цього проєкту планується розробити змішувач безперервної дії, тому доцільно розглянути і порівняти відомі конструкції подібного типу, серед яких – ІСК-3А, С-30, 2СМ-1.

*Змішувач КС-300* (рис. 3.1) застосовується для приготування вологих кормів на основі концентратів, а також сухих сумішей. Його конструкція не розрахована на наявність у суміші довговолокнутих кормів. Агрегат оснащений двома лопатевими мішалками, які обертаються назустріч одна одній. Швидкість переміщення суміші залежить від кута нахилу лопатей, що можна регулювати. Процес перемішування відбувається одночасно з переміщенням суміші до вивантажувальної горловини.



КС-300



ЗК-2



ІСК-3А

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд існуючих засобів механізації та обґрунтування вибору об'єкта розробки

*Змішувач ЗК-2* (рис. 3.1) призначений для безперервного змішування подрібнених кормів різного типу з рідкими добавками. Конструкція включає корпус з двома лопатевими мішалками, електропривід з редуктором, завантажувальний і вивантажувальний люки. Компоненти суміші подаються транспортером, перемішуються мішалками і безперервним потоком направляються до роздавальної техніки.

*Подрібнювач-змішувач ІСК-3А* (рис. 3.1) виконує подрібнення і змішування грубих кормів (соломи, сіна, качанів кукурудзи) з іншими складовими раціону. Агрегат може працювати в трьох режимах: змішування, подрібнювання, змішування з доподрібненням. Регулювання якості обробки досягається шляхом варіювання конфігурації ножів,

протирізів, а також часу перебування корму в робочій камері. Особливістю конструкції є система безпечного пропуску твердих предметів, що запобігає аваріям.

Незважаючи на ефективність перелічених машин, вони мають суттєві недоліки — високу енерго- та металоємність, складну конструкцію і значну вартість, що ускладнює їх використання на фермах малого та середнього масштабу.

У зв'язку з цим у подальших розділах буде запропоновано та обґрунтовано технічно спрощену і економічно доцільну конструкцію змішувача безперервної дії, яка дозволить якісно готувати кормові суміші для великої рогатої худоби із широким спектром доступних компонентів.

### **3.3 Опис конструкції змішувача та принципу його функціонування**

Розроблений змішувач (рис. 3.2) призначений для інтенсивного перемішування різноманітних кормових компонентів – грубих кормів, подрібнених коренеплодів, концентрованих кормів і силосної маси – у режимі безперервного потоку. Така машина може ефективно застосовуватись у тваринницьких господарствах для приготування збалансованих кормосумішей.

Усі функціональні вузли змішувача інтегровані в одну конструктивну систему, змонтовану на жорсткій металевій рамі, яка забезпечує стійкість і мінімізує вібрації під час роботи. Основним робочим елементом є стрічковий шнек, розташований у металевому корпусі П-подібної (U-подібної) форми. Такий корпус забезпечує зручне завантаження та ефективне транспортування маси вздовж осі шнека.

У верхній частині корпусу знаходиться прямокутний завантажувальний отвір, через який подається сировина за допомогою допоміжного транспортерного або бункерного обладнання. Нижче, на

протилежному боці корпусу, розміщене вивантажувальне вікно, призначене для подачі вже змішаної кормової маси в наступну технологічну операцію (наприклад, фасування або транспортування до кормороздавача).

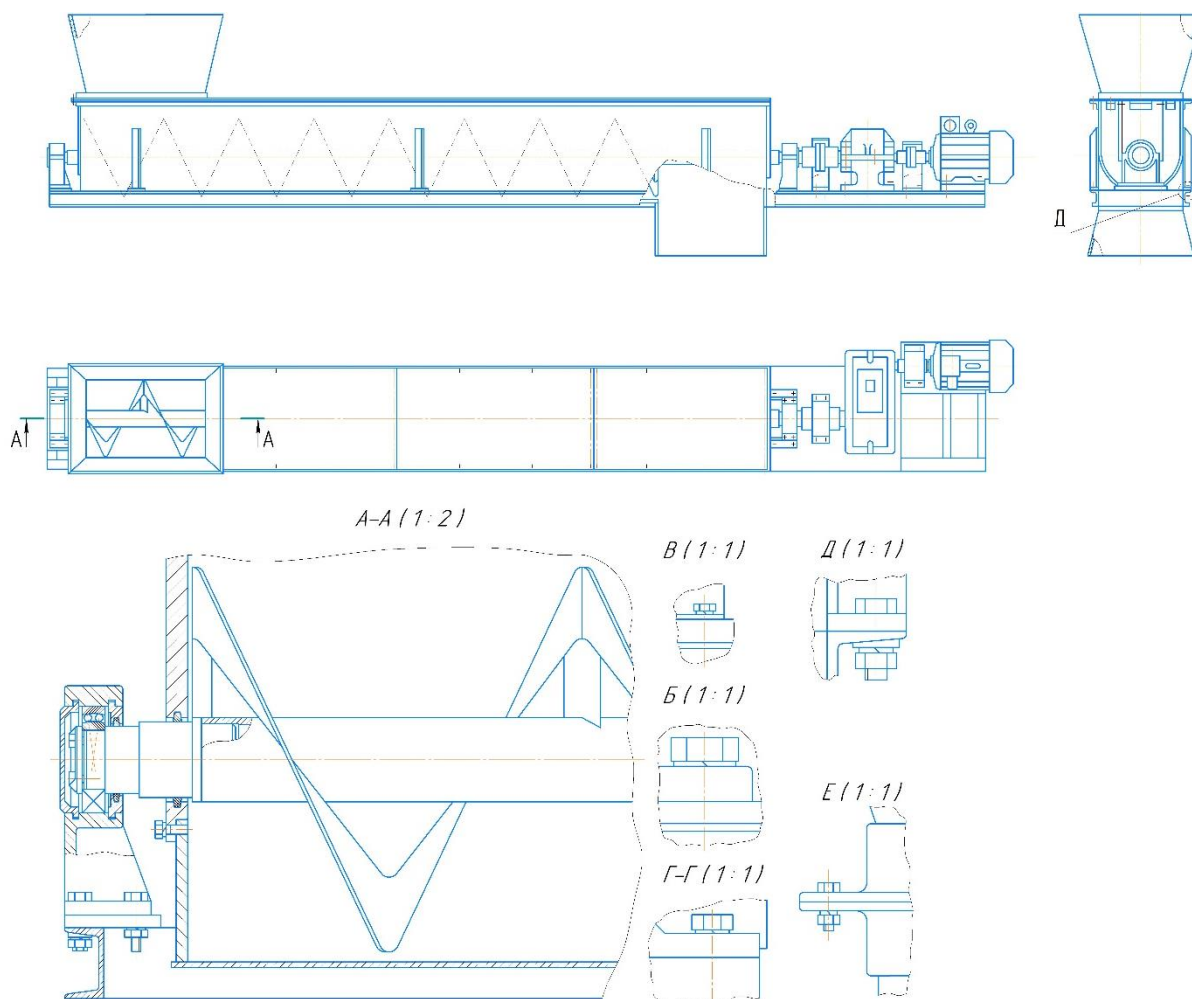


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема змішувача безперервної дії

Центральна частина корпусу накривається металевою кришкою, яка фіксується болтовими з'єднаннями. Це забезпечує легкий доступ до внутрішніх частин змішувача для технічного обслуговування, чищення або заміни деталей.

Робочий орган – стрічковий шнек – складається з гвинтової стрічки, намотаної на вал, який обертається внаслідок приводу від асинхронного електродвигуна потужністю 11 кВт. Передача обертового моменту

здійснюється через циліндричний редуктор і пружну муфту, що компенсує мікронерівності при з'єднанні валів.

Принцип дії змішувача базується на поступальному перемішуванні кормосуміші при одночасному її транспортуванні уздовж довжини шнека. Компоненти, які подаються до завантажувального отвору, захоплюються спіраллю шнека та перемішуються за рахунок зсувних і обертових рухів у поперечному та осьовому напрямках. Шнек довжиною 3,0 метри забезпечує достатню зону для інтенсивного перемішування і транспортування кормової маси до виходу з апарата.

Конструкція забезпечує високу рівномірність перемішування, стабільність подачі сировини і простоту технічного обслуговування. За потреби змішувач може бути модернізований шляхом встановлення змінної частоти обертання шнека або датчиків для контролю вологості й температури кормової суміші.

### 3.4 Технологічний розрахунок змішувача

Продуктивність змішувача визначається по формулі

$$W_{зм} = 0,045 \cdot D_{ш}^2 \cdot l_{ш} \cdot n_{ш} \cdot \rho \cdot k_{\beta} \cdot k_{з}, \quad (3.1)$$

де  $D_{ш}$  – діаметр шнека змішувача, м;  $l_{ш}$  – крок витка шнека, м;  $n_{ш}$  – частота обертання шнека,  $хв^{-1}$ ;  $\rho$  – щільність кормів, які змішуються,  $кг/м^3$ ;  $k_{\beta}$  – коефіцієнт зміни продуктивності в залежності від кута нахилу змішувача до горизонту;  $k_{з}$  – коефіцієнт заповнення шнека.

Діаметр шнека змішувача задається конструктивно по аналогії з існуючими робочими органами змішувачів безперервної дії. Приймається  $D_{ш}=0,4$  м.

Крок витка шнека вибирається по залежності

$$K_l = \frac{l_{ш}}{D_{ш}} = 0,6 \dots 1,25. \quad (3.2)$$

З формули (3.2) маємо

$$l_{ш} = D_{ш} \cdot \kappa_l = 0,4 \cdot 1 = 0,4 \text{ м.}$$

Приймається  $l_{ш} = 0,4 \text{ м.}$

Частота обертання шнека приймається із умови збереження якості кормів, що змішуються. Г.М. Кукта рекомендує приймати частоту обертання в межах  $120 \dots 200 \text{ хв}^{-1}$ . Приймається  $n_{ш} = 150 \text{ хв}^{-1}$ .

Щільність кормосуміші залежить від компонентів, які змішуються і від їх масової частки в кормосуміші. Для великої рогатої худоби  $\rho = 150 \dots 250 \text{ кг/м}^3$  [10]. Приймається  $\rho = 180 \text{ кг/м}^3$ .

Продуктивність змішувача залежить від кута його встановлення до горизонту. При зміні кута від  $0^\circ$  до  $30^\circ$  коефіцієнт зміни продуктивності знаходиться в межах від 1,0 до 0,58.

Коефіцієнт заповнення  $\kappa_3$  шнека при транспортуванні кормів приймається у межах від 0,2 до 0,5.

$$W_{зм} = 0,045 \cdot 0,4^2 \cdot 0,4 \cdot 150 \cdot 180 \cdot (1,0 \dots 0,58) \cdot 0,25 = 11,3 \dots 19,4 \text{ т/год.}$$

Гвинтова стрічка шнека виготовляється з окремих елементів, які з'єднуються за допомогою зварення один з другим. Схема заготовки для виготовлення одного витка шнека приводиться на рисунку 3.3.

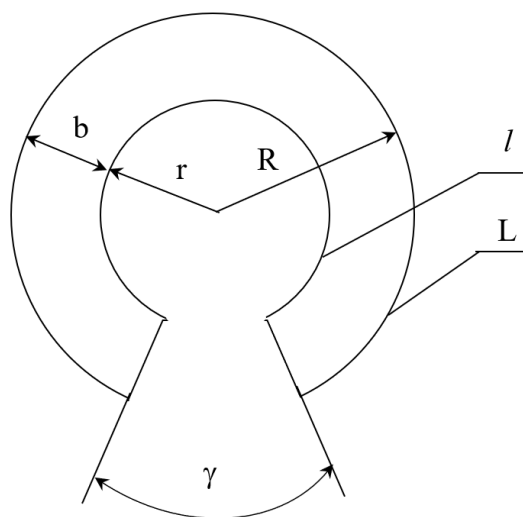


Рисунок 3.3 – Схема заготовки витка шнека

Зовнішній радіус  $R$  заготовки

$$R = r + b, \quad (3.3)$$

де  $r$  – внутрішній діаметр заготовки, мм;  $b$  – ширина кільця, мм.

Приймається  $b = 80$  мм.

Внутрішній радіус заготовки [20]

$$r = \frac{b \cdot l}{L - l}, \quad (3.4)$$

де  $L$  – довжина твірної заготовки по зовнішньому радіусу, мм;  $l$  – довжина твірної заготовки по внутрішньому радіусу, мм.

$$L = \sqrt{(\pi D)^2 + t^2}, \quad (3.5)$$

де  $D$  – зовнішній діаметр шнека, мм;  $t$  – крок витка шнека, м.

$$L = \sqrt{(3,14 \cdot 400)^2 + 400^2} = 1318 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{(\pi d)^2 + t^2}, \quad (3.6)$$

де  $d$  – внутрішній діаметр стрічки шнека, мм.

$$l = \sqrt{(3,14 \cdot 240)^2 + 400^2} = 853 \text{ мм.}$$

$$r = \frac{80 \cdot 853}{1318 - 853} = 147 \text{ мм.}$$

$$R = 147 + 80 = 227 \text{ мм.}$$

Кут  $\gamma$  визначається по формулі [20]

$$\gamma = \frac{2\pi \cdot R - l}{2\pi \cdot R} \cdot 360. \quad (3.7)$$

$$\gamma = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 227 - 1318}{2 \cdot 3,14 \cdot 227} \cdot 360 = 29^\circ 20'.$$

### 3.5 Кінематичний розрахунок і визначення потужності привода

Потужність привода в змішувачі витрачається на здолаття тертя кормів об стінки корпусу і гвинт шнека, спресовування кормів і їх

перетирання. Переміщення в горизонтальному і вертикальному напрямках, тертя в опорних підшипниках.

Потужність електродвигуна, необхідна для привода змішувача, визначається по формулі [5]

$$N_{\text{ш}} = \frac{8W_{\text{зм}} \cdot L_{\text{ш}}}{367 \cdot \eta} (f \cdot \cos\beta + \sin\beta) \kappa_3, \quad (3.8)$$

де  $L_{\text{ш}}$  – довжина шнека, м;  $f$  – коефіцієнт тертя кормосуміші по сталі;  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії передавального механізму,  $\eta = 0,7 \dots 0,85$ ;  $\kappa_3$  – коефіцієнт запасу потужності,  $\kappa_3 = 1,1 \dots 1,3$ .

Мінімальна довжина зони змішування [3]

$$L_{\text{зм}} = v_o \cdot t_{\text{зм}}, \quad (3.9)$$

де  $v_o$  – швидкість осьового переміщення потоку корму в корпусі змішувача, м/с. Приймається  $v_o = 0,005 \dots 0,025$  м/с;  $t_{\text{зм}}$  – час змішування кормосуміші, с.

$$L_{\text{зм}} = 0,15 \cdot 200 = 3 \text{ м.}$$

Враховуючи те, що шнек крім зони змішування має зону вивантаження продукту і зону привода, приймаємо загальну довжину  $L_{\text{зм}} = 3,85$  м.

$$N_{\text{ш}} = \frac{8 \cdot 19,4 \cdot 3,85}{367 \cdot 0,75} (0,45 \cdot \cos 30^\circ + \sin 30^\circ) \cdot 1,3 = 10,9 \text{ кВт.}$$

Приймаємо для привода змішувача електродвигун 4А132М4 потужністю  $N_{\text{ед}} = 11,0$  кВт з номінальною частотою обертання  $n_{\text{ед}} = 1460$  хв.<sup>-1</sup>

Передаточне число передавального механізму

$$u_{\text{мех}} = \frac{n_{\text{ед}}}{n_{\text{ш}}}; \quad (3.10)$$

$$u_{\text{мех}} = \frac{1460}{150} = 9,7.$$

Вибираємо редуктор циліндричний Ц2-250-9,8-1 з сумарною міжосьовою відстанню  $a_w = 250$  мм, передаточним числом  $u_{ред} = 9,8$  і схемою зборки 1.

### 3.6 Розрахунок основних деталей на міцність

Розрахунок вала шнека

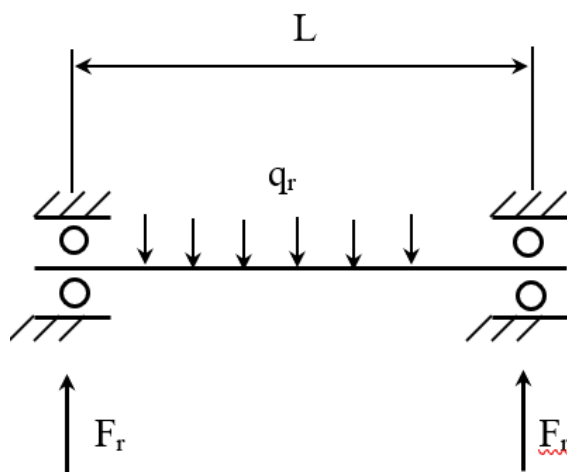


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема вала

Крутний момент на валі шнека

$$T = \frac{N_{ед} \cdot \eta_p \cdot \eta_M^2}{\omega_{ш}}, \quad (3.11)$$

де  $\eta_p$  – коефіцієнт корисної дії редуктора,  $\eta_p = 0,8$ ;  $\eta_M$  – коефіцієнт корисної дії муфти,  $\eta_M = 0,98$ ;  $\omega_{ш}$  – кутова швидкість вала шнека, рад/с.

$$\omega_{ш} = \frac{\pi n_{ш}}{30}; \quad (3.12)$$

$$\omega_{ш} = \frac{3,14 \cdot 150}{30} = 15,7 \text{ рад/с.}$$

$$T = \frac{11,0 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 0,98^2}{15,7} = 538 \text{ Н·м.}$$

Визначаємо рівномірно-розподільче навантаження

$$q_r = \frac{F_r}{L}, \quad (3.13)$$

де  $F_r$  – радіальна сила на гвинті, Н;  $L$  – довжина гвинта шнека, м.

$$F_r = \sqrt{(G \cdot \cos\beta)^2 + F_t^2}, \quad (3.14)$$

де  $G$  – вага гвинта,  $G = 480$  Н;  $F_t$  – окружна сила на гвинті, Н.

$$F_t = \frac{2T}{D_{cp}}, \quad (3.15)$$

де  $D_{cp}$  – середній діаметр шнека, мм.

$$F_t = \frac{2 \cdot 538}{0,24} = 4483 \text{ Н};$$

$$F_r = \sqrt{(480 \cos 0^\circ)^2 + 4483^2} = 4508 \text{ Н.}$$

$$q_r = \frac{4508}{3,8} = 1186 \text{ Н/м.}$$

Тоді згинаючий момент  $M_3$

$$M_3 = \frac{q_r \cdot L^2}{8}, \quad (3.16)$$

$$M_3 = \frac{1186 \cdot 3^2}{8} = 4003 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Еквівалентний момент, який діє на шнек

$$M_e = \sqrt{M_3^2 + T^2}, \quad (3.17)$$

$$M_e = \sqrt{4003^2 + 538^2} = 4039 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Діаметр вала шнека з умови міцності на згин

$$\sigma_{и} = \frac{M_e}{W_x} \leq [\sigma]_{и}, \quad (3.18)$$

де  $W_x$  – момент опору перерізу вала,  $\text{мм}^3$ ,

$$W_x = 0,1d^3; \quad (3.19)$$

$[\sigma]_{и}$  – допустимі напруження,  $[\sigma]_{и} = 50 \dots 60$  МПа.

Звідси діаметр вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_e}{0,1[\sigma]_n}}; \quad (3.20)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{4039 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 60}} = 58,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр вала під підшипникову опору  $d = 60$  мм, вихідний кінець вала  $d = 55$  мм.

### 3.7 Висновки до розділу

1. У результаті проведеного аналізу зоотехнічних вимог до приготування повнораціонних кормових сумішей, огляду існуючих конструкцій змішувачів та обґрунтування вибору об'єкта розробки, було розроблено технологічно та економічно доцільну конструкцію змішувача кормів безперервної дії. Запропонована машина забезпечує рівномірне і стабільне перемішування широкого спектра компонентів – від грубих до концентрованих і рідких кормів – з дотриманням технологічних параметрів і фізіологічних вимог до годівлі тварин.

2. Розроблена конструкція базується на стрічковому шнеку, розташованому в П-подібному корпусі, що дозволяє ефективно транспортувати та перемішувати кормову масу у режимі безперервного потоку. Машина характеризується простою будовою, високою надійністю, енергоефективністю, а також придатністю до санітарної обробки, що відповідає сучасним ветеринарно-гігієнічним вимогам.

3. Проведений технологічний розрахунок підтверджує досягнення проектної продуктивності на рівні 2,2 т/год при заданих геометричних і кінематичних параметрах шнека. Конструкція передбачає можливість подальшої модернізації – зокрема, встановлення регульованого приводу, системи датчиків для контролю параметрів суміші, а також адаптації до конкретних умов господарств різного масштабу.

#### 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Відповідно до Закону України «Про охорону праці», керівник підприємства зобов'язаний забезпечити безпечні та здорові умови праці на всіх робочих місцях, а також організувати регулярний контроль за дотриманням вимог безпеки при виконанні робіт, експлуатації обладнання та здійсненні виробничого процесу.

На кожному підприємстві має бути впроваджена система управління охороною праці (СУОП), яка охоплює впровадження та дотримання основних нормативних актів з охорони праці. У межах цієї системи керівник підприємства повинен:

- розробити й реалізувати процедуру навчання персоналу з питань охорони праці та проводити відповідні інструктажі;
- здійснювати контроль за дотриманням норм безпеки на виробничій ділянці, правильним технічним обслуговуванням устаткування та застосуванням засобів індивідуального й колективного захисту;
- організувати атестацію робочих місць згідно з чинними нормами охорони праці;
- проводити інструктажі безпосередньо на робочих місцях із демонстрацією безпечних методів праці та фіксацією цих дій у журналі;
- забезпечити своєчасне технічне обслуговування і перевірку обладнання, а також вести відповідну документацію;
- постійно моніторити стан охорони праці, аналізувати можливі ризики, виявляти небезпеки й оперативно вживати заходів щодо їх усунення або передавати інформацію інженеру з охорони праці;
- реалізовувати заходи щодо запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням;

- розробляти та затверджувати інструкції з охорони праці для персоналу, а також забезпечувати робочі місця відповідними наочними матеріалами, знаками безпеки;
- облаштовувати інформаційний куточок з охорони праці та підтримувати його в актуальному стані;
- створити та узгодити в установленому порядку інструкції з пожежної безпеки;
- здійснювати розслідування нещасних випадків, що сталися на дільниці.

Оцінка умов праці у кормоцеху господарства показала, що система охорони праці не функціонує належним чином, що призвело до зростання захворюваності та фіксації нещасних випадків. У зв'язку з цим необхідно усунути виявлені недоліки й терміново реалізувати заходи з підвищення безпеки та покращення умов праці працівників.

*Оцінка шкідливих і небезпечних факторів під час приготування кормів.* Під час виконання технологічних операцій у кормоцеху працівники можуть зазнавати впливу ряду потенційно небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Їх перелік наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Небезпечні та шкідливі фактори на виробництві

Операція	Рухомі частини машин	Стан підлоги	Небезпечна напруга	Пожежо- та вибухонебезпека	Вологість	Освітленість	Температура	Вібрація	Запиленість
Транспортування компонентів	+	-	+	+	-	+	-	+	+
Змішування компонентів	+	-	+	+	-	+	-	+	+
Вивантаження кормосуміші	+	-	+	-	+	+	-	+	+

Як показує аналіз таблиці, найбільшу загрозу для працівників становлять рухомі частини обладнання, високий рівень електричної напруги, вібрація, а

також недостатній рівень освітлення. Для захисту працівників, задіяних у процесі приготування кормів, необхідно забезпечити їх спеціальним одягом (бавовняні халати), комбінованими рукавицями та іншими засобами індивідуального захисту залежно від умов праці.

*Вимоги до безпечного виконання робіт у кормоцеху. Нормативна база.* Основними документами, що регламентують вимоги безпеки при приготуванні кормів для ВРХ, є:

1. ДНАОП 2.0.00-1.01-00 – Правила з охорони праці у сільському господарстві.
2. ДСТУ 12.2.042-91 – Вимоги безпеки до обладнання для тваринництва і кормовиробництва.
3. ДСТУ 12.2.003-91 – Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання.
4. ДСТУ 12.2.061-81 – Безпека робочих місць з виробничим обладнанням.
5. ДНАОП 0.00-1.26-96 – Безпечна експлуатація парових і водогрійних котлів.
6. ДНАОП 0.00-1.11-98 – Правила експлуатації трубопроводів пари та гарячої води.
7. ДСТУ 12.2.022-80 – Вимоги безпеки до конвеєрів.

*Основні правила безпечної роботи зі змішувачами:*

- Уникати прямого контакту персоналу з компонентами корму та зонами викиду суміші.
- Устаткування повинно монтуватись згідно з інструкцією з експлуатації.
- Перед запуском – перевірити стан робочих органів, кріплень, захисних елементів.
- До роботи допускаються тільки ті працівники, що пройшли навчання.

- Під час запуску необхідно впевнитися у відсутності сторонніх предметів.
- Продукти подавати рівномірно, після виходу машини на робочий режим.
- Очистку від забруднень здійснювати лише при зупиненому устаткуванні.
- Заборонено перебувати на платформі діючого змішувача.
- Приміщення слід щоденно очищати від пилу.
- Кормоцех повинен бути забезпечений протипожежними засобами.

*Безпека під час транспортування і роздачі кормів:*

- Не допускати потрапляння сторонніх предметів у корм.
- Заборонено перебування в кузові транспортного засобу під час завантаження.
- Ширина проходів для персоналу має бути не менше 0,8 м, а для техніки – 3,5 м.
- Робота навантажувача повинна узгоджуватись із машиністом.
- Місця для під'їзду до обладнання слід обладнати обмежувальними бар'єрами.
- Робота трактора з навантажувачем на схилах понад 8° заборонена.
- Розробка бортів та скірт висотою понад 2 м має здійснюватися зверху донизу, по шарах, щоб уникнути обвалів.

Для забезпечення безпечних умов праці в кормоцеху необхідно впровадити дієву систему управління охороною праці, що включає постійний контроль за технічним станом обладнання, дотриманням технологічних регламентів, своєчасним навчанням працівників, а також дотриманням вимог чинних нормативно-правових актів. Аналіз виявлених порушень на прикладі господарства свідчить про нагальну потребу усунення недоліків, пов'язаних із низьким рівнем безпеки праці, та впровадження комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження виробничих ризиків і збереження життя та здоров'я працівників.

## 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ

Вибір найбільш доцільної конфігурації технологічної лінії здійснюється шляхом аналізу питомих зведених витрат. Найкращим вважається той варіант, для якого цей показник є мінімальним.

Питомі зведені витрати обчислюються за формулою:

$$I_{\text{п.пит.}} = \frac{I_{\text{п.л.}}}{G \cdot z_p}, \quad (5.1)$$

де  $I_{\text{п.л.}}$  – загальні зведені витрати на всі машини та обладнання, що входять до розглянутого варіанта лінії, грн;  $G$  – добовий обсяг продукції, яку обробляють машини лінії, кг;  $z_p$  – кількість робочих днів на рік.

Зведені витрати на окрему одиницю техніки, що входить до складу лінії, визначаються за формулою:

$$I = \frac{G \cdot z_p}{W_m} (L \cdot C_T + N \cdot q \cdot \eta \cdot 0,099 + N_e \cdot z_e \cdot 0,7) + \frac{B}{100} (a + 15), \quad (5.2)$$

де  $W_m$  – продуктивність машини або агрегату, кг/год;  $L$  – кількість працівників, задіяних у процесі, осіб;  $C_T$  – погодинна тарифна ставка з урахуванням доплат, грн;  $N$  – номінальна потужність двигуна, к.с.;  $q$  – питомі витрати пального, кг·к.с./год;  $h$  – коефіцієнт використання потужності (для навантажувальних робіт  $h = 0,8$ ; для транспортних –  $h = 0,5$ );  $N_e$  – споживана потужність електрообладнання, кВт;  $z_e$  – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн;  $B$  – балансова вартість машини, грн;  $a$  – річна норма амортизації, %.

*Вихідні дані (припущення для прикладу).* Для кожної машини (умовні значення):

*Машина 1 — Транспортер ТЛ-65*

- $W_{m1} = 2500$  кг/год;
- $L_1 = 1$  чол.;
- $C_T = 50$  грн/год;

- $N_1=5$  к.с.;
- $q=0,25$  кг·к.с./год;
- $h=0,8$ ;
- $N_{e1}=3$  кВт;
- $z_e=5$  грн/кВт;
- $B_1=40000$  грн;
- $a=10\%$ ;

*Машина 2 — Змішувач 02МТД*

- $W_{M2}=2000$  кг/год;
- $L_2=1$  чол;
- $N_2=10$  к.с.;
- $N_{e2}=5$  кВт;
- $B_2=80000$  грн;

*Машина 3 — Транспортёр ТС-40М*

- $W_{M3}=2500$  кг/год;
- $L_3=1$  чол.;
- $N_3=7$  к.с.;
- $N_{e3}=4$  кВт;
- $B_3=50000$  грн;

*Продуктивність лінії:*

- $G=20000$  кг/доба;
- $z_p=300$  днів на рік

*Зведені витрати для однієї машини*

*Машина 1 (ТЛ-65):*

$$I_{M1}=(1 \cdot 50+5 \cdot 0,25 \cdot 0,8 \cdot 50+3 \cdot 5+40000 \cdot 0,18760) / 2500=$$

$$=(50+50+15+0,46) / 2500=115,46 / 2500=0,0462 \text{ грн/кг};$$

*Машина 2 (02МТД):*

$$I_{M2}=(50+10 \cdot 0,25 \cdot 0,8 \cdot 50+5 \cdot 5+80000 \cdot 0,18760) / 2000=$$

$$=(50+100+25+0,91) / 2000=175,91 / 2000=0,08796 \text{ грн/кг}$$

*Машина 3 (ТС-40М):*

$$I_{мз}=(50+7\cdot 0,25\cdot 0,8\cdot 50+4\cdot 5+50000\cdot 0,18760)/2500=$$

$$=(50+70+20+0,57)/2500=140,57/2500=0,0562 \text{ грн/кг}$$

Сумарні зведені витрати лінії (грн/рік)

$$I_{п.л.}=(0,0462+0,08796+0,0562)\cdot G\cdot z_p=0,19036\cdot 20000\cdot 300=1\,142\,160 \text{ грн/рік}$$

Питомі приведені витрати:

$$I_{уд}=I_{п.л.}\cdot G\cdot z_p=1\,142\,160/(20000\cdot 300)=0,19036 \text{ грн/кг}$$

Розраховані питомі зведені витрати для технологічної лінії змішування та вивантаження кормосуміші становлять 0,19036 грн/кг. Це значення можна використовувати для порівняння з іншими варіантами конфігурації обладнання. Згідно з проведеним розрахунком, даний варіант є економічно обґрунтованим.

Для розрахунку строку окупності отрібно знати:

1. Сумарні капітальні вкладення у технологічну лінію – вартість усіх машин та обладнання.
2. Щорічний економічний ефект – наприклад, економія витрат у порівнянні з базовим варіантом або прибуток від впровадження лінії.

*Сумарні капітальні вкладення (I):*

Беремо балансову вартість машин:

- ТЛ-65: 40 000 грн
- 02МТД: 80 000 грн
- ТС-40М: 50 000 грн

Разом:

$$I=40\,000+80\,000+50\,000=170\,000 \text{ грн}$$

*Щорічний економічний ефект (E):*

Припустимо, що до впровадження нової лінії питомі приведені витрати були 0,25 грн/кг, тобто:

$$\text{Для базового варіанту } 0,25\cdot 20000\cdot 300=1\,500\,000 \text{ грн/рік;}$$

$$\text{Для проєктного варіанту } 0,19036\cdot 20000\cdot 300=1\,142\,160 \text{ грн/рік;}$$

$$E=1\,500\,000-1\,142\,160=357\,840 \text{ грн/рік}$$

*Строк окупності:*

$T_{\text{окуп}}=I/E=170\,000/357\,840\approx 0,48$  року (або приблизно 6 місяців)

Строк окупності інвестицій у технологічну лінію змішування та вивантаження кормосуміші становить менше 0,5 року, що свідчить про високу економічну доцільність впровадження.

Порівняння базового і проектного варіантів технологічної лінії з розрахунками питомих зведених витрат, капітальних вкладень, економічного ефекту та строку окупності наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняльна таблиця економічної ефективності варіантів технологічної лінії

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант
Питомі зведені витрати, грн/кг	0,25000	0,19036
Річні зведені витрати, грн/рік	1 500 000	1 142 160
Добовий обсяг продукції, кг/доба	20 000	20 000
Кількість робочих днів на рік, днів	300	300
Сумарні капітальні вкладення, грн	—	170 000
Щорічний економічний ефект, грн/рік	—	357 840
Строк окупності, років	—	0,48 (~6 місяців)

Таблиця 5.1 дозволяє наочно оцінити економічну доцільність впровадження проектного варіанту, який демонструє суттєве зниження витрат та швидку окупність інвестицій.

## ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу встановлено, що тваринницька галузь підприємства перебуває в критичному стані через скорочення поголів'я, низький рівень забезпечення кормами, недостатню продуктивність тварин і зношеність технічного оснащення, що потребує комплексної модернізації виробництва, збільшення кормової бази, впровадження збалансованих раціонів і підвищення рівня механізації технологічних процесів для відновлення та підвищення ефективності тваринництва.

2. На фермі обґрунтовано впроваджено комбіновану систему утримання великої рогатої худоби: прив'язну – для дійного стада з метою індивідуального догляду та контролю продуктивності, та безприв'язну – для молодняка на відгодівлі з метою зниження трудових витрат і забезпечення вільного пересування тварин. Режим роботи ферми організовано у дві зміни відповідно до біологічних потреб тварин і технологічних процесів. Проведено формування структури поголів'я і розраховано умовну кількість тварин – 336 умовних голів, що дозволяє точно планувати потреби в кормах і технічних ресурсах. Визначено добову та разову потребу в основних видах кормів, враховуючи сезонність годівлі та кратність згодовування, що є основою для раціонального планування заготівлі кормів і ефективного ведення виробництва.

3. У результаті проведеного аналізу зоотехнічних вимог до приготування повнораціонних кормових сумішей, огляду існуючих конструкцій змішувачів та обґрунтування вибору об'єкта розробки, було розроблено технологічно та економічно доцільну конструкцію змішувача кормів безперервної дії. Запропонована машина забезпечує рівномірне і стабільне перемішування широкого спектра компонентів – від грубих до концентрованих і рідких кормів – з дотриманням технологічних параметрів і фізіологічних вимог до годівлі тварин.

4. Розроблена конструкція базується на стрічковому шнеку, розташованому в П-подібному корпусі, що дозволяє ефективно транспортувати та перемішувати кормову масу у режимі безперервного потоку. Машина характеризується простою будовою, високою надійністю, енергоефективністю, а також придатністю до санітарної обробки, що відповідає сучасним ветеринарно-гігієнічним вимогам. Проведений технологічний розрахунок підтверджує досягнення проектної продуктивності на рівні 2,2 т/год при заданих геометричних і кінематичних параметрах шнека. Конструкція передбачає можливість подальшої модернізації – зокрема, встановлення регульованого приводу, системи датчиків для контролю параметрів суміші, а також адаптації до конкретних умов господарств різного масштабу.

5. Для забезпечення безпечних умов праці в кормоцеху необхідно впровадити дієву систему управління охороною праці, що включає постійний контроль за технічним станом обладнання, дотриманням технологічних регламентів, своєчасним навчанням працівників, а також дотриманням вимог чинних нормативно-правових актів. Аналіз виявлених порушень на прикладі господарства свідчить про нагальну потребу усунення недоліків, пов'язаних із низьким рівнем безпеки праці, та впровадження комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження виробничих ризиків і збереження життя та здоров'я працівників.

6. Розраховані питомі зведені витрати для технологічної лінії змішування та вивантаження кормосуміші становлять 0,19036 грн/кг. Це значення можна використовувати для порівняння з іншими варіантами конфігурації обладнання. Строк окупності інвестицій у технологічну лінію змішування та вивантаження кормосуміші становить менше 0,5 року, що свідчить про високу економічну доцільність впровадження.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Aliiev, E., Maliehin, R., Ivliev, V., Aliieva, O. (2021). Simulation of the process of cavitation treatment of liquid feed [Техніко-технологічне забезпечення комплексної безвідходної переробки рослинної сировини олійних культур у корми для органічного тваринництва]. *Scientific Horizons*, 24(2), 16–26. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(2\).2021.16-26](https://doi.org/10.48077/scihor.24(2).2021.16-26)
2. Алієв, Е. Б., Луц, П. М., Верета, В. В. (2019). Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми роторно-кавітаційного диспергатора кормосумішей. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наук. пр.* (21 листопада 2019). Ніжин, 17–25.
3. Алієв, Е. Б., Лінко, М. О. (2022). Аналіз техніко-технологічного оснащення процесів експандованого приготування кормів. *Корми і факти*, 9(145), 8–10.
4. Алієв, Е. Б., Лінко, М. О. (2022). Аналіз техніко-технологічного оснащення процесів експандованого приготування кормів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК. ВНАУ*, 1(116), 51–57.
5. Алієв, Е. Б., Лінко, М. О. (2022). Методика чисельного моделювання процесу експандованого приготування кормів. *Наукові аспекти формування сучасних агротехнологій – інновації молодих вчених...: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* (20 травня 2022 р., м. Херсон). Херсон: ІЗЗ НААН, 160–161.
6. Алієв, Е. Б., Лінко, М. О., Алієва, О. Ю. (2022). Симуляція процесу експандованого приготування кормів. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*, 5(36), II, 176–185. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).2.176-185](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.176-185)
7. Алієв, Е. Б., Малегін, Р. Д. (2020). Ефективність впровадження технології годівлі тварин кормами після кавітаційної обробки. *Найновітє научни постиження – 2020: матеріали XVI*

*міжнар. наук.-практ. конф.* (15–22 березня 2020). Софія: Бял ГРАД-БГ ОДД, Т. 3, 39–41.

8. Алієв, Е. Б., Малегін, Р. Д. (2024). Результати експериментальних досліджень гомогенізатора-диспергатора рідких кормів для свиней. *Сільськогосподарські машини*, 50, 48–60. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1334>

9. Алієв, Е. Б., Малегін, Р. Д. Обґрунтування доцільності використання диспергаторів рідких кормів. *Сучасні проблеми землеробської механіки: матеріали XXI міжнар. наук. конф.* Харків: ХНТУСГ, 2020, 7.

10. Алієв, Е., Лінко, М. Експандоване приготування кормів. *Досягнення та перспективи галузі виробництва...: матеріали всеукр. наук.-практ. конф.* Кропивницький: ЦНТУ, 2022, 38–40.

11. Алієв, Е., Малегін, Р., Алієва, О. Етапи розробки гомогенізатора-диспергатора рідких кормів. *Досягнення та перспективи галузі виробництва...: матеріали всеукр. наук.-практ. конф.* Кропивницький: ЦНТУ, 2022, 40–41.

12. Алієв, Е. Б., Миколенко, С. Ю., Сова, Н. А. та ін. (2022). *Техніко-технологічне забезпечення безвідходної переробки зернової сировини у харчові продукти і корми: колективна монографія / за заг. ред. Е. Б. Алієва.* Дніпро: ЛІРА. 192 с. ISBN 978-966-981-687-0.

13. Гаврильченко, О. С., Дерун, С. Ю., Алієв, Е. Б., Доруда, С. О. (2018). Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів бункера-дозатора комбікормів. *Технології АПК XXI століття...: Зб. наук. пр.* Ніжин, 209–220.

14. Довідник по заготівлі і зберіганню кормів / [А. О. Бабич, С. Й. Олішинський, В. А. Ясенецький та ін.] ; упоряд. С. Й. Олішинський. – К. : Урожай, 1989. – 176 с.

15. Зінченко, О. І. (2005). *Кормовиробництво* (2-ге вид., доп. і перероб.). Київ: Вища освіта. 448 с.

16. Зінченко, О. І., Салатенко, В. Н., Білоножко, М. А. (2001). *Рослинництво: підручник* / за ред. О. І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта. 591 с.
17. Кормовиробництво: практикум / [О. І. Зінченко, І. Т. Слюсар, Ф. Ф. Адамень та ін.] ; за ред. О. І. Зінченко. – К. : Нора-прінт, 2001. – 470 с.
18. Кравчук, В. І., Луценко, М. М., Мечта, М. П. (2008). *Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів*. Київ: Фенікс. 104 с.
19. Лихочвор, В. В. (2004). *Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур* (2-ге вид., виправл.). Київ: Центр навчальної літератури. 808 с.
20. Наукові основи інтенсифікації польового кормовиробництва в Україні / [В. Ф. Петриченко, Г. П. Квітко, М. К. Царенко та ін.] ; за ред. В. Ф. Петриченка. – Вінниця: Данилюк В. Г., 2008. – 240 с.
21. НПАОП 01.2-1.12-05. *Правила охорони праці у тваринництві. Свинарські підприємства*.
22. Петриченко, В. Ф., Кулик, М. Ф., Ібатулін, І. І. та ін. (2005). *Виробництво, зберігання і використання кормів*. Вінниця. 472 с.
23. Техніко-технологічне забезпечення комплексної безвідходної переробки рослинної сировини у біологічно цінні харчові продукти і кормові добавки: звіт про НДР (остаточний). МОН, ДДАЕУ; кер. Миколенко С.; вик.: Сова Н., Алієв Е., Безугла Л., Долгіх Д., Алієва О., Піддубцева О., Плотка Л., Гезь Я., Тимчак Д., Худайбердієва К., Лупко К., Лінко М., Малегін Р. (2022). Дніпро. 452 с. № ДР 0120U100322.
24. Технологія виробництва продукції рослинництва: підруч. / [С. П. Танчик, М. Я. Дмитришак, Д. М. Алімов та ін.]. – Київ: Слово, 2008. – 1000 с.

25. Технологія виробництва продукції тваринництва: підруч. / [О. Т. Бусенко, В. Д. Столюк, М. В. Штомпель та ін.] ; за ред. О. Т. Бусенка. – Київ: Аграрна освіта, 2001. – 432 с.

26. Влох, В. Г., Кириченко, Н. Я., Когут, П. М. (2003). *Луківництво*. Київ: Вища школа. 392 с.

## **Додатки**

Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра інжинірингу технічних систем

## **Удосконалення технологічної лінії приготування і роздавання кормів для ферми великої рогатої худоби з розробкою змішувача безперервної дії**

Демонстраційний матеріал до дипломного проекту освітнього ступеня «Бакалавр»

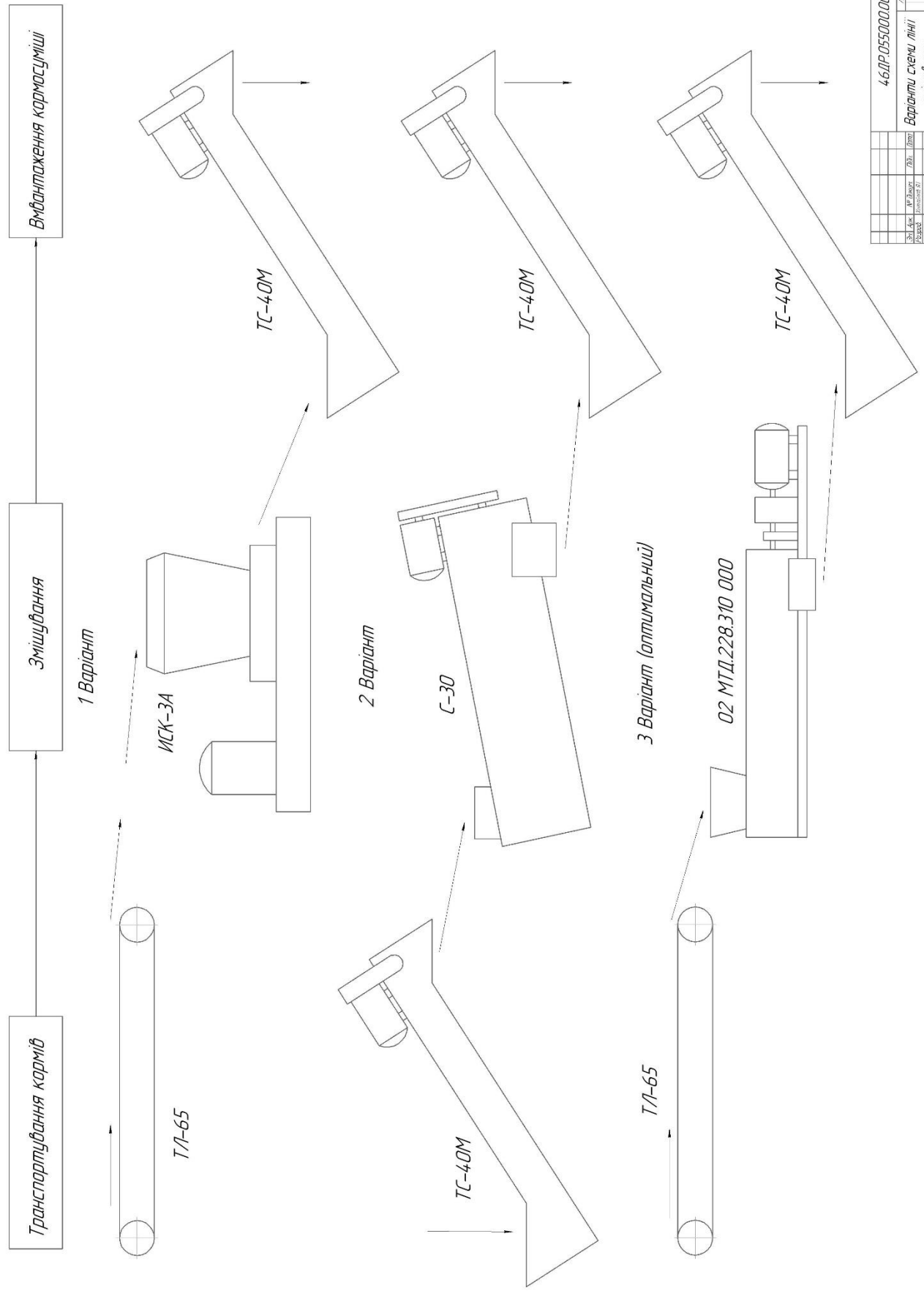
Виконав: студент 4 курсу, групи АІС-1-22 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»  
**Хитайлов Ярослав Ігорович**

Керівник: д.т.н., старший дослідник  
**Алієв Ельчин Бахтияр огли**

Дніпро, 2025



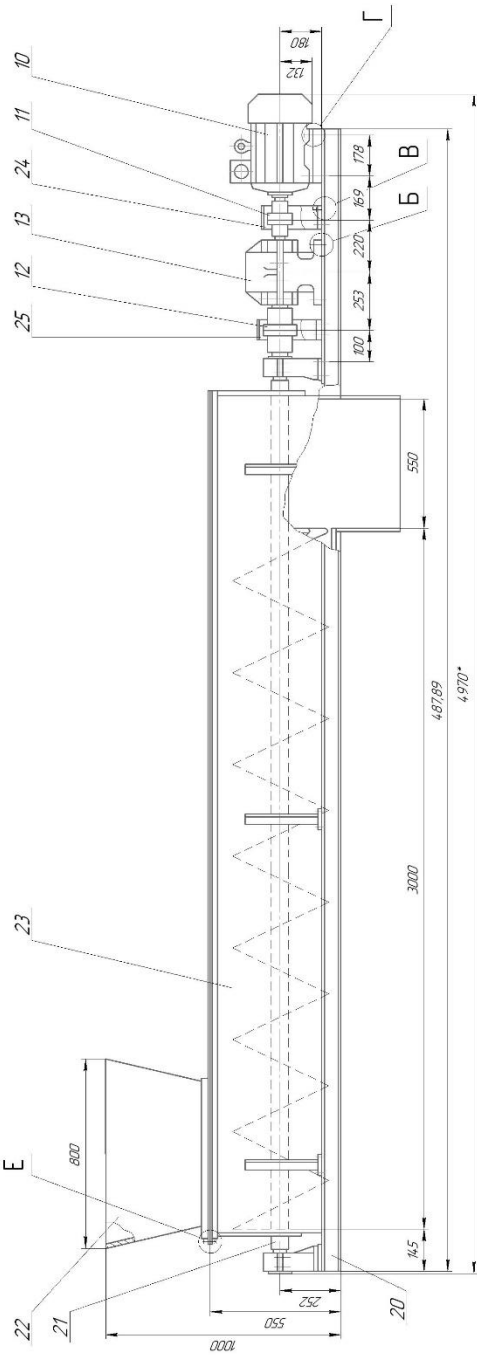
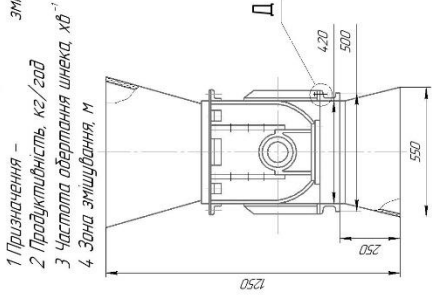
46.0P.055000.000.TC



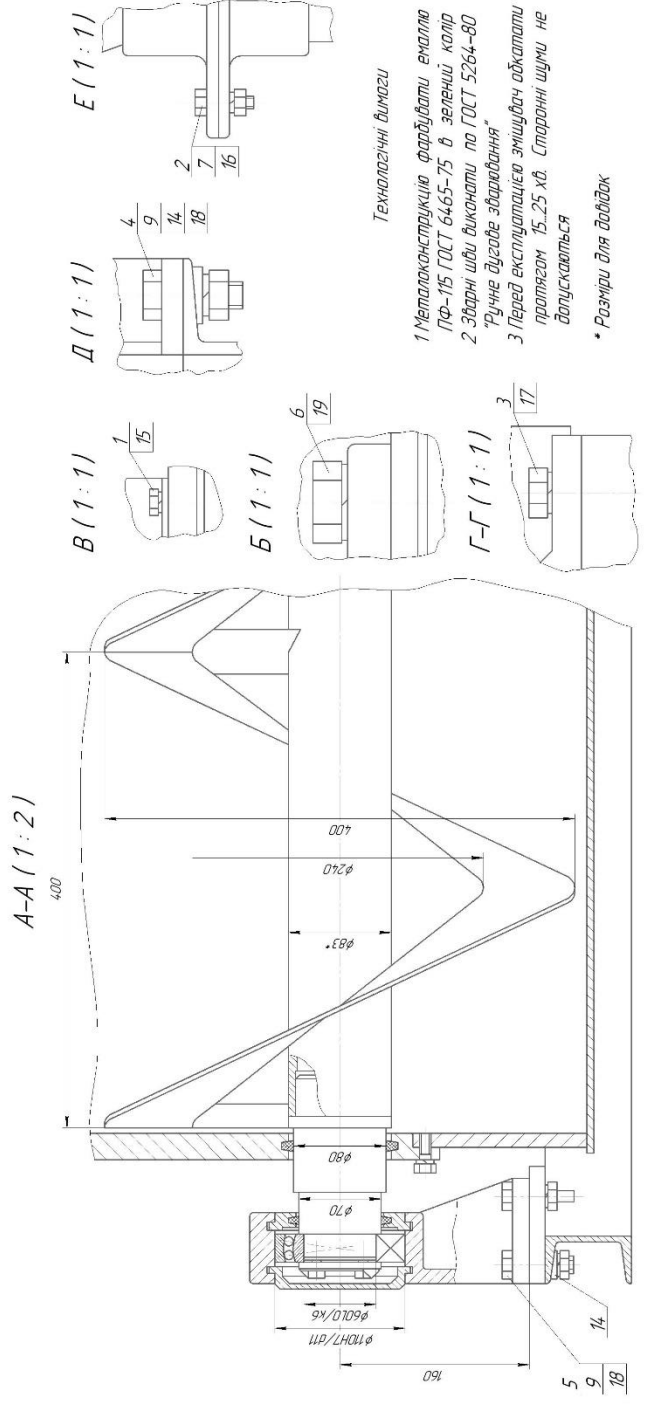
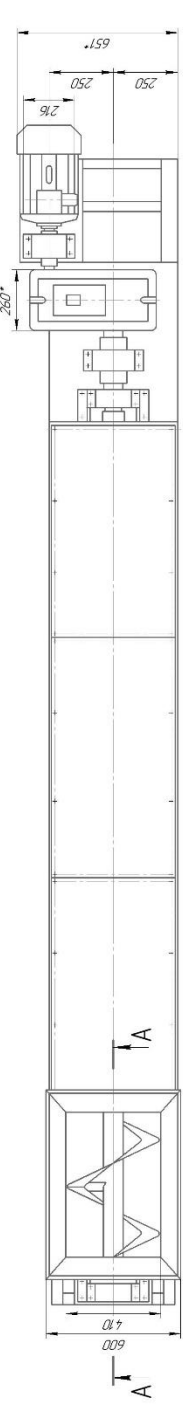
46.0P.055000.000.TC									
№	Док.	№	Датум	Діаг.	Варіант	Лист	Колір	Т	Т
Розроб.	Виконав.	Перевір.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Директор	Інженер	Інженер	Інженер	Інженер	Інженер	Інженер	Інженер	Інженер	Інженер
Молодий	Висл. Б.С.	Висл. Б.С.	Висл. Б.С.	Висл. Б.С.	Висл. Б.С.	Висл. Б.С.	Висл. Б.С.	Висл. Б.С.	Висл. Б.С.
Завод	Цех	Лінійка	Лінійка	Лінійка	Лінійка	Лінійка	Лінійка	Лінійка	Лінійка
Варіанти схеми лінії змішування									
Технологічна схема АЕС-1-22									

46DP055000000B3

- Технічна характеристика
- 1 Призначення – змішування
  - 2 Продуктивність, кг/год 113,19
  - 3 Частота обертання шнека, хв<sup>-1</sup> 150
  - 4 Зона змішування, м 3



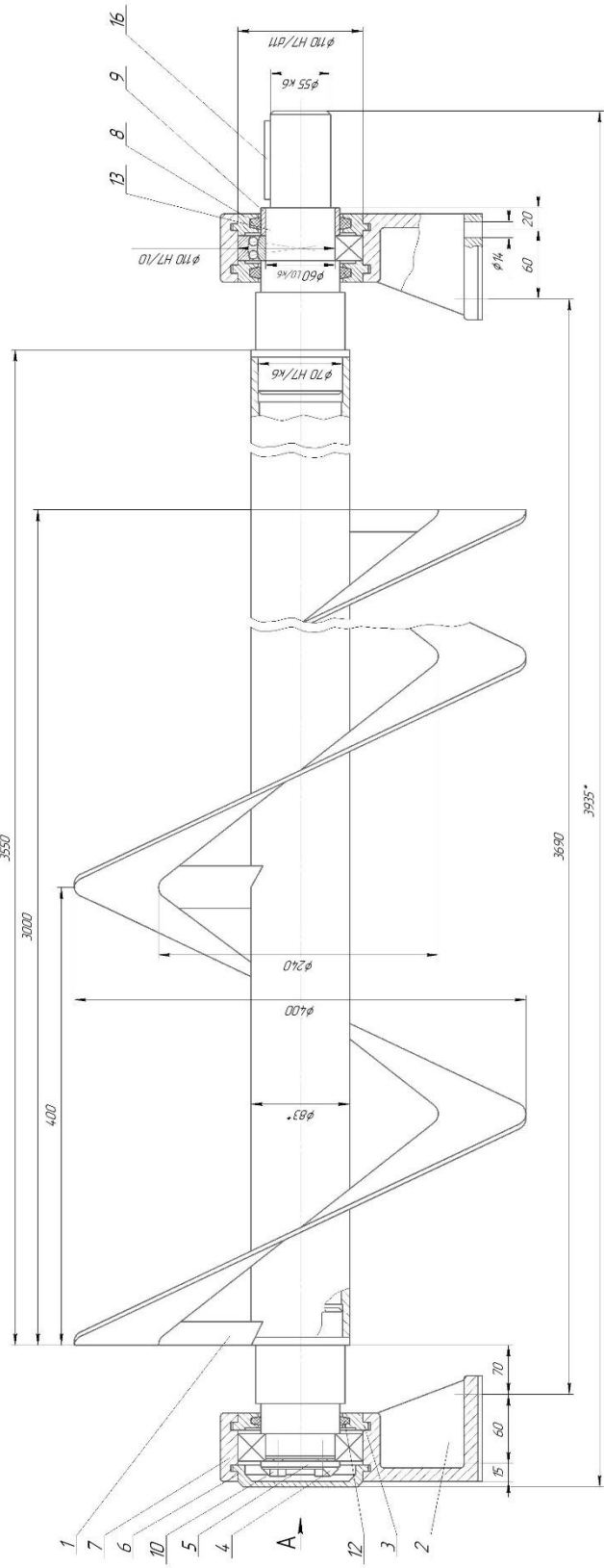
Код	Назва	Кількість	Примітка
1	Покрив вкриття	8	
2	Болти ГОСТ 7798-70	12	
3	М6x12	4	
4	М8x20	6	
5	М10x30	8	
6	М12x35	4	
7	М20x45	12	
8	Гайки ГОСТ 5915-70	8	
9	М8	8	
10	М10	6	
11	М12	1	Р.М.Дт
12	Електрокабел 4x1,02-1/4	1	
13	ГОСТ 719523-81	1	
14	Міфта 250-32-1	1	
15	ГОСТ 214,24-75	1	
16	Міфта 119811-1050-55-1	1	
17	ГОСТ 214,24-75	1	
18	Редуктор 112-250-9-8	10	
19	Шайба 12 ГОСТ 6402-70	8	
20	Шайба 6 ГОСТ 6402-70	12	
21	Шайба 10 ГОСТ 6402-70	12	
22	Шайба 12 ГОСТ 6402-70	6	
23	Шайба 10 ГОСТ 6402-70	4	
24	Зона розроблені вкриття	1	
25	Ручка	1	
26	Шнек в одні	1	
27	Бункер завантажувальний	1	
28	Корпус	1	
29	Оборудження муфти	1	
30	Оборудження муфти	1	



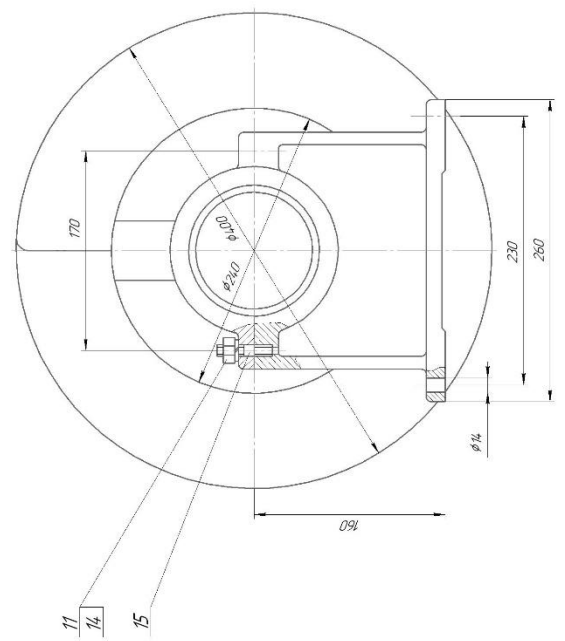
- Технологічні вимоги
- 1 Металоконструкція фарбувати емаллю ПР-115 ГОСТ 6465-75 в зелений колір
  - 2 Зварні шви виконати по ГОСТ 5264-80 "Ручне дугове зварювання"
  - 3 Перед експлуатацією змішувач обкатати протягом 15-25 хв. Створенні шуми не допускаються
- \* Розміри для довідки

№	Деталь	Матеріал	Кількість	Примітка
1	Змішувач кармі	шнелай	590	1/10
2	шнелай	шнелай	1	1
46DP055000000B3				ДАБСУ
				АК-1-22

46ДР055000100СК



A



- 1 Перед експлуатацією змастити підшипникиді вузли мастилом універсальним УС-1 ГОСТ 1933-78 Зміна мастила через 120...140 годин роботи.
- 2 Періодично (1 раз на місяць) оглядати вилки з з'єднаних вилки відірхувати або замінити на нові.
- Розміри для довідок.

№	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
2	46ДР055000102	Котлик підшипника	2	
3	46ДР055000103	Кашка	1	
4	46ДР055000104	Шайба	1	
5	46ДР055000105	Шайба	1	
6	46ДР055000106	Кашка	1	
7	46ДР055000107	Кашка підшипника	2	
8	46ДР055000108	Кашка	2	
9	46ДР055000109	Втулка	1	
Стандартні вилки				
10	Болт М10x25 ГОСТ 7798-70		2	
11	Гайка М12 ГОСТ 5915-70		8	
12	Мотик ІІІІ-ІІІІ-ІІІІ-ІІІІ-ІІІІ-ІІІІ		3	
13	Підшипник 212 ГОСТ 5720-75		2	
14	Шайба 12 ГОСТ 6402-70		8	
15	Шайба М12x15 ГОСТ 11766-70		8	
16	Шпindel 6x16x20 ГОСТ 8783-78		1	
46ДР055000100СК			Маса	Матеріал
Шнек			Алюмін	Т
Складальне креслення			ДАЄУ АС-Т-22	

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
46ДР055000100СК	Складальне креслення	1	
46ДР055000101	Шнек	1	



