

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту
освітнього ступеня «Бакалавр» на тему:

**Розробка технологічного процесу приготування кормів
на свинофермі з удосконаленням екструдера комбікормів**

Виконав: студент 4 курсу, групи М-1-20

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Соломонюк Даниїл Вадимович

Керівник: _____ Дудін Володимир Юрійович

Рецензент: _____ Садченко Роман Вікторович

Дніпро 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем
Освітній ступінь: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ІТС

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«06» травня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Соломонюк Даниїл Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Розробка технологічного процесу приготування кормів на свинофермі з удосконаленням екструдера комбікормів

керівник проєкту Дудін Володимир Юрійович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«06» травня 2024 року № 984

2. Строк подання студентом проєкту 07.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Аналіз стану питання процесів та обладнання для приготування сипких кормів, зокрема екструдерів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика підприємства. 2. Розробка технологічного процесу приготування кормів. 3. Удосконалення конструкції екструдера кормів. 4. Охорона праці. 5. Економічна оцінка удосконаленого екструдера. Загальні висновки. Бібліографічний список

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Технологічна схема. 2. Екструдер для комбікорму. 3. Ствол екструдера. 4. Гвинт зони ущільнення. 5. Шайба ексцентрична. 6. Гвинт зони подачі. 7. Вал. Економічні показники.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Дудін В.Ю., доцент		
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 20.05.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2024 р.	
2	Теоретичний	до 15.04.2024 р.	
3	Експериментальний	до 30.04.2024 р.	
4	Охорона праці	до 10.05.2024 р.	
5	Економічний	до 22.05.2024 р.	
6	Демонстраційна частина	до 05.06.2024 р.	

Студент

(підпис)

Соломонюк Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Дудін В.Ю.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Соломонюк Д.В. Розробка технологічного процесу приготування кормів на свинофермі з удосконаленням екструдера комбікормів / Дипломний проєкт на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

У проєкті було визначено важливість розробки механізованої технологічної лінії для приготування кормів на відгодівельній свинофермі, що було підтверджено аналізом виробничої діяльності господарства. На основі перевірки зоотехнічних вимог був здійснений розрахунок технологічної лінії, а також проведено розробку екструдера для зерна. Додатково були запропоновані заходи з покращення умов охорони праці. Економічне обґрунтування проєкту також було проведено, а результати відображено у висновках. На закінчення складено список використаної літератури, що була використана під час роботи над проєктом.

Ключові слова: свиноферма, корми, екструдер, зерно, потужність, шнек.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА	9
1.1 Загальні відомості	9
1.2 Характеристика тваринництва	10
1.3 Висновки	12
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ	13
2.1 Обґрунтування актуальності питання	13
2.2 Вихідні дані до проектування	14
2.3 Засоби механізації для приготування повнораціонних комбікормів	14
2.4 Способи підвищення поживності концентрованих кормів	18
2.5 Розробка технологічної схеми процесу	20
2.6 Продуктивність технологічного процесу	22
2.7 Розрахунок необхідної кількості обладнання	23
2.8 Висновки	24
3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕКСТРУДЕРА КОРМІВ	25
3.1 Актуальність питання	25
3.2 Пошук шляхів удосконалення конструкцій екструдера кормів	27
3.2.1 Одношнекові екструдери кормів	27
3.2.2 Патентний огляд	30
3.3 Розробка варіанту удосконалення екструдера	35

3.3.1	Вихідні дані	35
3.3.2	Розрахунок приводу екструдера	35
3.3.3	Розрахунок елементів на міцність	38
3.4	Висновки	45
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	46
4.1	Загальні вимоги	46
4.2	Вимоги охорони праці для оператора екструдера комбікормів	47
4.3	Висновки	49
5	ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА УДОСКОНАЛЕНОГО ЕКСТРУДЕРА	50
5.1	Вихідні дані	50
5.2	Розрахунок показників економічної ефективності	50
5.3	Висновки	51
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	52
	БІБЛІОГРАФІЯ	53
	ДОДАТКИ	56

ВСТУП

Останні зміни в аграрній сфері України вимагають нового підходу до годівлі тварин і виробництва кормів. Успішний розвиток свинарства та забезпечення населення якісною свининою потребує стабільної кормової бази. Повноцінна годівля свиней включає в себе доставку всіх необхідних харчових елементів, таких як протеїни, жири, вуглеводи, мінерали та вітаміни. Організація ефективної годівлі та раціональне використання кормів вимагає належної підготовки кормів до згодовування.

Виробництво комбікормів на місці, у колективних або фермерських господарствах, дозволяє зменшити транспортні витрати, уникнути втрат зерна під час перевезення та ефективно використовувати власні сировинні ресурси. З використанням покупних білково-мінерально-вітамінних добавок (БМВД) можна отримати комбікорм високої якості, який повністю відповідає потребам свиней. Собівартість власного виробництва комбікормів значно нижча, ніж вартість покупних комбікормів, виготовлених на великих заводах.

Тому в нашому дипломному проєкті ми розглянемо технологічну лінію приготування кормів на відгодівельній свинофермі.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальні відомості

Приватне сільськогосподарське підприємство "Агрофірма "Перше Травня" розташоване в селищі Томаківка, яке є районним центром, і знаходиться за 100 кілометрів від обласного центру, міста Дніпра. Господарство має зв'язок з обласним центром через асфальтовані дороги.

Станом на 1 січня 2022 року, сільськогосподарське підприємство "Агрофірма "Перше Травня" володіло 9125,352 гектарами земель, з яких 9056,113 гектарів припадає на сільськогосподарські землі.

Клімат на території господарства характеризується високими літніми температурами і значними добовими коливаннями, особливо взимку. Умови зволоження є недостатніми і нестійкими. Середньорічна кількість опадів становить приблизно 460 мм з великими коливаннями від 250 до 760 мм. Зима характеризується невеликою кількістю снігу і низькими температурами, особливо в січні, коли середньодобова температура становить близько мінус 15°C.

Протягом зими на території спостерігаються часті відлиги, що супроводжуються повним сходом сніжного покриву. Кількість опадів в зимовий період коливається від 80 до 120 мм і може випадати як у вигляді снігу, так і у вигляді дощу. Сніжний покрив зазвичай формується в середині грудня і розтікається в першій половині березня, а його товщина змінюється від 2-3 до 10-13 см. Ґрунт в середньому промерзає на глибину від 50 до 55 см, а в холодні роки ця товщина може досягати 120-140 см.

Середня тривалість безморозного періоду становить від 165 до 220 днів. Умови зволоження у літній період є досить нестійкими. Протягом кількох років спостерігається диспропорція між теплом і вологою, що може призводити до недостачі сільськогосподарської продукції.

Землекористування на господарстві вважається одним із найбільших в Україні. Земельні ділянки господарства мають різноманітні природні особливості.

1.2 Характеристика тваринництва

В ПСП "Агрофірма "Перше Травня" велике значення в процесі виробництва сільськогосподарської продукції займає галузь тваринництва. Поголів'я тварин в господарстві наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Поголів'я тварин в господарстві, голів

Вид тварин	Роки		
	2020	2021	2022
Велика рогата худоба	2456	2502	2456
в т.ч. корови	700	700	700
Свині	560	604	602

Щільність поголів'я великої рогатої худоби на 100 га сільськогосподарських угідь показано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Кількість тварин на 100 га сільськогосподарських угідь, голів

Вид тварин	Роки		
	2013	2014	2015
Велика рогата худоба	62,7	63,2	59,8

в т.ч. корови	17,8	17,7	17,0
---------------	------	------	------

З таблиці 1.2 видно, що поголів'я великої рогатої худоби на 100 га сільськогосподарських угідь в 2022 році зменшилась проти 2020 року. Зниження виробництва продукції тваринництва залежить від урожайності сільськогосподарських культур. Оскільки, в рослинництві спостерігається спад виробництва, то це вплинуло на продуктивність тварин (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 - Продуктивність тварин

Вид тварин	Роки		
	2013	2014	2015
Приріст в живій вазі великої рогатої худоби, г	416	426	324
Свиней	563	589	586

Система кормозабезпечення великої рогатої худоби на відгодівлі побудована як на використанні власних кормів, так і кормів, які постачають в господарство на основі кооперації. Значну частину кормів при відгодівлі великої рогатої худоби на м'ясо займають комбікорми та відходи харчової промисловості (жом, м'яса). Враховуючи ці особливості керівництво господарства приймає рішення про збільшення площі посіву зернофуражних та кормових культур, і маючи при цьому високі врожаї, можна заготовити високоякісні об'ємні корми (силос, сіно).

Щодо подальших планів розвитку, то керівництво господарства має наміри збільшити поголів'я свиней до 1500 голів відгодівельного поголів'я одночасного утримання. Для цього буде задіяна холодна технологія утримання, яку пропонує

ПрАТ «Агро-Союз». Таким чином, для розміщення всього поголів'я буде необхідно мати 5 ангарів-свинарників (по 300 голів в кожному).

1.3 Висновки

У цьому розділі нами вирішено такі питання:

- охарактеризована діяльність ПСП "Агрофірма "Перше Травня" з якої встановлена його здатність до підвищення показників виробництва продукції свинарства;

- за характеристикою підприємства і перспективами його розвитку вибрана тема дипломного проекту.

В наступному розділі нами буде виконано проект лінії приготування кормів на відгодівельній свинофермі.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ

2.1 Обґрунтування актуальності питання

Вибір способу годівлі свиней є важливим рішенням, яке впливає на продуктивність, здоров'я тварин та економічну ефективність господарства. Існують два основні методи годівлі свиней: суха та рідка годівля. Кожен з цих способів має свої переваги та недоліки, які слід враховувати при ухваленні рішення.

Суха годівля є традиційним методом, який широко використовується у багатьох свинарських господарствах. Вона характеризується простотою використання та мінімальними вимогами до обладнання. Сухі корми легко транспортувати, зберігати та роздавати, що знижує потребу в складному технічному обслуговуванні. До переваг сухої годівлі можна віднести тривалий термін зберігання кормів і мінімальний ризик їх псування через мікробіологічне забруднення. Крім того, сухі корми дозволяють використовувати широкий спектр інгредієнтів, що підвищує їх поживну цінність.

Однак суха годівля має і певні недоліки. Вона може створювати пил, що призводить до респіраторних захворювань у тварин та працівників. Також є ризик неравномірного споживання поживних речовин через розшарування кормів. Деякі сухі корми можуть бути менш привабливими для свиней, що знижує їх апетит.

Рідка годівля є більш сучасним методом, який набирає популярності завдяки своїм перевагам. Рідкі корми забезпечують високу засвоюваність поживних речовин завдяки кращому перемішуванню та гідратації інгредієнтів. Вони

забезпечують однорідне споживання поживних речовин і зазвичай є більш апетитними для тварин, що підвищує їх апетит і споживання корму. Рідка годівля також дозволяє включати в раціон різні побічні продукти харчової промисловості, що знижує витрати на корми.

Однак рідка годівля вимагає значних початкових інвестицій в обладнання для змішування, зберігання та транспортування рідких кормів. Ці системи потребують регулярного обслуговування для запобігання поломкам і забезпечення їх ефективної роботи. Також рідкі корми мають вищий ризик розвитку патогенних мікроорганізмів, що потребує ретельного контролю якості.

Вибір між сухою та рідкою годівлею залежить від конкретних умов і потреб господарства. Для малих і середніх господарств, які прагнуть мінімізувати початкові витрати і спростити процес годівлі, суха годівля може бути більш доцільною. Великі підприємства з можливістю інвестувати в сучасне обладнання можуть отримати вигоду від впровадження рідкої годівлі, підвищивши ефективність виробництва і якість кормів для свиней.

2.2 Вихідні дані до проектування

Вихідними даними до проектування є:

- поголів'я тварин на фермі та добова потреба в кормах (з розділу 1 - середньорічне поголів'я свиней на відгодівлі – 1500 голів;
- тип та раціон годівлі (до використання прийнято концентратний тип годівлі повнораціонними комбікормами, потреба в кормах – 2,4 кг/гол на добу).

2.3 Засоби механізації для приготування

повнораціонних комбікормів

Одним з варіантів приготування повнораціонних комбикормів, який знайшов використання на свинарських підприємствах України є комбикормовий цех марки ОКЦ – 15 (рис. 2.2), який працює наступним чином.

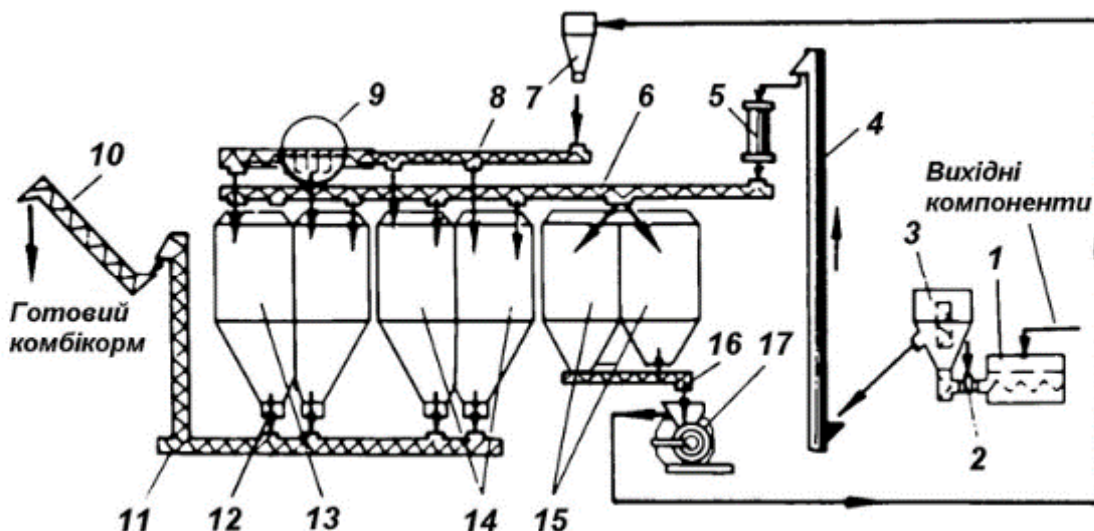


Рисунок 2.2 - Структурно-технологічна схема комплексу обладнання для приготування комбикормів ОКЦ-15: 1 – решітний стан; 2 – завантажувальний патрубок; 3 – порційний змішувач; 4 – норія; 5 – магнітна колонка; 6 – шнек норії; 7 – циклон; 8 – шнек дробарки; 9 – просіваючий пристрій; 10 – похилий шнек; 11 – нижній шнек; 12 – дозатор; 13, 14 – бункери подрібнених компонентів; 15 – зерновий бункер; 16 – шнек-живильник; 17 – дробарка

До складу комплексу входять такі основні вузли: молоткова дробарка 17, порційний змішувач 3, блок бункерів 13 і 14 з дозаторами 12, решітний стан 1, магнітний сепаратор 5, норія 4, шнекові розподільчі пристрої 6, електродвигуни та система приводу.

Зернові корми спочатку проходять очистку на решітному стані 1, потім без обробки проходять через змішувач 3 і норію 4, та потрапляють на магнітну колонку 5 для видалення магнітних домішок. Після очищення зерно разом з мінеральними і білково-вітамінними добавками направляється за допомогою шнека

б до секцій зернового бункера 15. Зерновий матеріал разом з добавками виходить з бункера через шнек-дозатор і подається в дробарку 17 і потім через циклон 7 і його шлюзовий затвор подається шнеком 8 на просіваючий пристрій 9, звідки вивантажуються в бункери подрібненого продукту 13 та 14. Із цих бункерів шнекові дозатори 12 подають корм у нижній шнек-змішувач 11, звідки утворена сумішка надходить до вертикального шнека. Цей шнек одночасно з транспортуванням вгору змішує зернові компоненти і добавки в однорідну масу. Цей процес завершується у похилому шнеку 10, який видає готовий комбікорм в транспортні засоби або бункери готової продукції. Керування роботою обладнання дистанційне. Хід технологічного процесу контролюється за сигнальними лампочками на мнемосхемі центрального пульта управління.

Більш удосконалені автоматизовані комплекти ОЦК-4 і ОЦК-8. Загальну будову та порядок роботи кормоцехів серії ОЦК розглянемо на прикладі обладнання ОЦК-4 (рис. 2.3). Технологічне обладнання цеху комплектується з окремих блоків: подрібнювально-змішувального, приготування білково-мінерально-вітамінних і рідких добавок (БМВД), бункерів мінеральних добавок, а також гранулювання комбікормів.

Подрібнювально-змішувальний блок забезпечує накопичення вихідних компонентів (зерна і готових БМВД), їх дозування, подрібнення зерна, змішування зернових з БМВД і видачі готового комбікорму. Цей блок складається з лінії завантаження (вібросепаратор 13, норія 14, шнек 10, магнітна колонка 11, розподільний шнек 9), блока бункерів 15, шнека завантаження БМВД 18, пневмоконвеєра 12, вагового дозатора 7, дробарки 8 з розвантажувальним шнеком, змішувача 4, проміжного бункера 5, розподільника 6, накопичувального бункера 26, вивантажувального шнека 3 і пульта керування.

Подальшим розвитком засобів механізації приготування комбікормів в господарствах України стало застосування комбікормових установок. Основною

технологічною машиною в них є дробарка, яка одночасно виконує процеси подрібнення компонентів та їх змішування. Тому перед дробаркою передбачається формувати дозовані потоки різних видів зерна та приготовленої сумішки добавок. Установки працюють за принципом потокового приготування комбикормів.

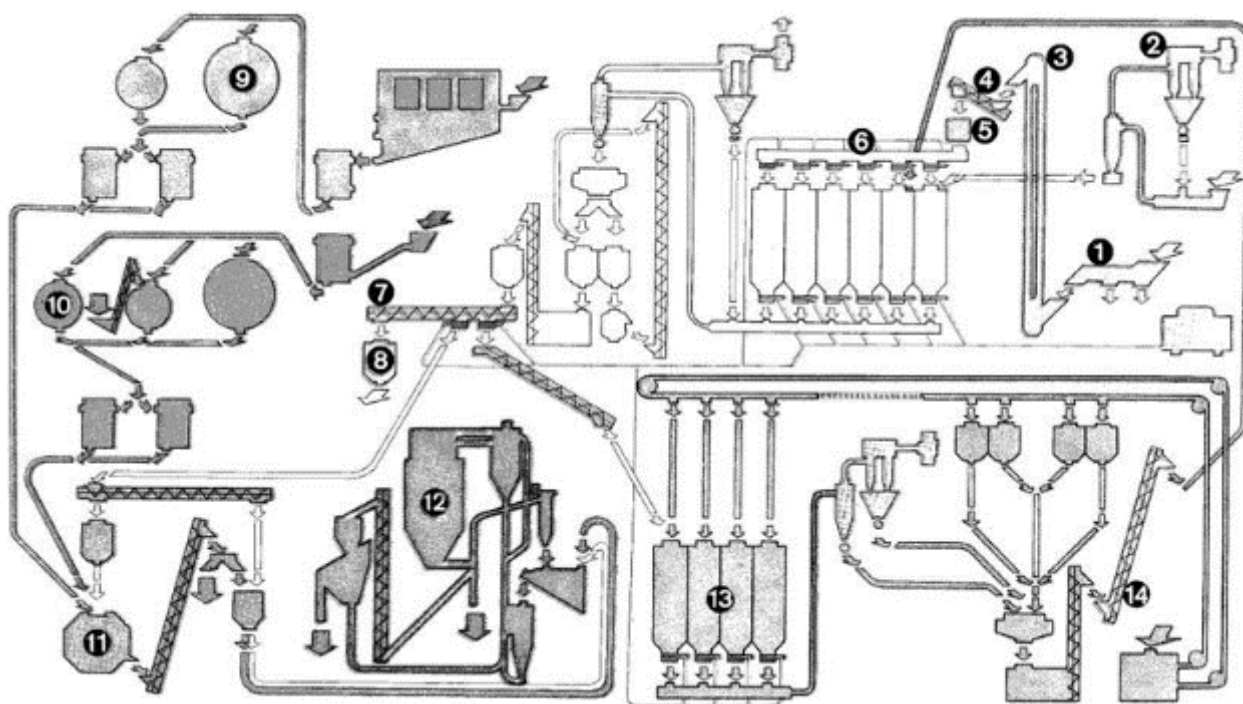


Рисунок 2.3 – Структурно-технологічна схема обладнання цеху приготування комбикормів ОЦК-4: 1 – вібросепаратор; 2 – пневмотранспортер; 3 – норія; 4 – шнек завантажувальний; 5 – колонка магнітна; 6 – блок подрібнювально-змішувальний; 7 – шнек вивантажувальний; 8 – бункер; 9 – лінія підготовки жиру; 10 – лінія підготовки меляси; 11 – лінія введення рідких добавок; 12 – устаткування гранулювання; 13 – блок готування БВМД; 14 – шнек завантажувальний

Останнім часом значна увага приділяється розробці на базі молоткової дробарки агрегатів для приготування комбикормів в умовах сільськогосподарських

підприємств за спрощеними технологічно-конструктивними рішеннями. Комбікормові агрегати призначені для подрібнення, дозування та змішування компонентів комбікормів в умовах малих тваринницьких господарств з використанням власного зернофуражу та привізних добавок.

Аналіз різних типів обладнання, таких як ОКЦ, МКУ-1,5 і БМК, показав їхні недоліки. Обладнання типу ОКЦ характеризується великою матеріаломісткістю та високими витратами енергії. Крім того, об'ємне дозування, яке використовується в ОКЦ, не дозволяє досягти високої якості комбікормів, яка можлива за допомогою вагового дозування. Такі ж недоліки спостерігаються і в установках типу МКУ-1,5, хоча вони мають меншу енергоємність і можливість повної автоматизації виробництва. Установки типу БМК використовують вагове дозування компонентів, але їх обслуговування потребує значних ручних витрат праці. Крім того, змішувач, що використовується в БМК, забезпечує ступінь однорідності змішування комбікорму не більше 90%, що не відповідає зоотехнічним вимогам.

2.4 Способи підвищення поживності концентрованих кормів

Ринкова економіка не приймає принципу виробництва продукції тваринництва за будь-яку ціну. Механізовані чи машинні технології повинні виробляти тваринницьку продукцію з мінімальними витратами ресурсів, енергії, трудовитрат, та з невеликою вартістю машин та обладнання. У ринкових умовах конкурентоспроможною буде продукція, яка має меншу вартість та кращу якість. Споживач не вникає ні в ресурсозбереження, ні в енергоємність, а його цікавлять два основні показники – вартість та якість. Якщо ці показники однакові, тоді починають набирати чинності інші показники. Звідси випливає, що потрібно створювати маловитратні машинні технології виробництва продукції тваринництва із високими якісними показниками.

У вартості тваринницької продукції визначальним фактором є корми, що становлять 55-70% від загальних витрат. Підвищення продуктивності тварин, зниження витрат кормів та праці на одиницю продукції неможливо без раціонального використання кормів. Важливо не просто згодувати корми, а використовувати їх з максимальною віддачею від м'яса, молока і т.д.

З метою стабілізації повноцінного годування тварин у світовій науці та практиці все більше приділяється уваги концентрованим кормам. Саме за рахунок зернофуражних кормів та різних збагачувальних добавок можна збалансувати годування за відсутніми елементами живлення, що значно дешевше можна здійснити у господарських комбікормових цехах. Крім того, в цих умовах більш ефективно використовуються всі кормові ресурси, які має господарство.

Вироблення комбікормів на місці має ще й ту перевагу, що господарства готують комбікорм відповідно до поточних потреб тварин. Комбікорм, вироблений господарствами, може згодовуватись у свіжому вигляді, що дає значно більший ефект. Істотний вплив на виробництво комбікормів господарствами надає їх нижча на 20-25% вартість.

Екструдкування комбікормів — це технологічний процес, який полягає в обробці інгредієнтів комбікорму під високим тиском і температурою для створення корму з покращеними властивостями. У процесі екструдкування інгредієнти змішуються, нагріваються, подрібнюються і витискаються через спеціальні отвори в екструдері, що формує корм у вигляді гранул, паличок або пластівців. Висока температура та тиск під час екструдкування забезпечують денатурацію білків і желатинізацію крохмалю, що підвищує доступність поживних речовин. Крім того, процес знищує антиживильні фактори, такі як інгібітори ферментів, та патогенні мікроорганізми, що покращує безпеку і засвоюваність корму. Екструдований корм має привабливу текстуру і смак, що стимулює апетит у тварин. Завдяки зменшеній вологості він стійкіший до псування, що полегшує його зберігання та транспортування. Загалом, екструдкування комбікормів значно підвищує їхню якість, поживну цінність і безпеку, сприяючи поліпшенню здоров'я та

продуктивності тварин.

Поруч із термічною обробкою відбуваються глибокі деструктивні зміни у поживних речовинах. Так крохмаль розщеплюється до декстринів та цукрів, протеїни піддаються денатурації.

В результаті такої комплексної обробки отримують екструдат із приємним хлібним смаком та запахом. Він повинен мати ступінь декстризації крохмалю не менше 55%, мати коефіцієнт підірваності не менше 4, а також ступінь кристалізації (набухання) не менше 35%.

Практика застосування в тваринництві екструдованих кормів, як у натуральному вигляді, так і в складі комбікормів, свідчить про високу їх ефективність:

- засвоєння поживних речовин досягає 90 %;
- зменшення витрат корму – до 10%;
- на 70 % зменшується кількість легеневих захворювань у свиней.

Недоліки:

- висока енергоємність процесу – 90...140 кВт/т (менші значення для машин з продуктивністю понад 1000 кг/год.).

2.5 Розробка технологічної схеми процесу

На основі мінікомбікормової установки УМК, ми розробили нову схему виробництва комбікормів з урахуванням попереднього аналізу переваг і недоліків. Використовуючи пшеницю, ячмінь та БМВД, ми прагнемо досягти оптимального складу для всіх вікових груп тварин. Однак, існуюча схема змішування компонентів під час подрібнення не забезпечує необхідного рівня однорідності суміші. Також, об'ємне дозування не забезпечує необхідної точності для дотримання раціону.

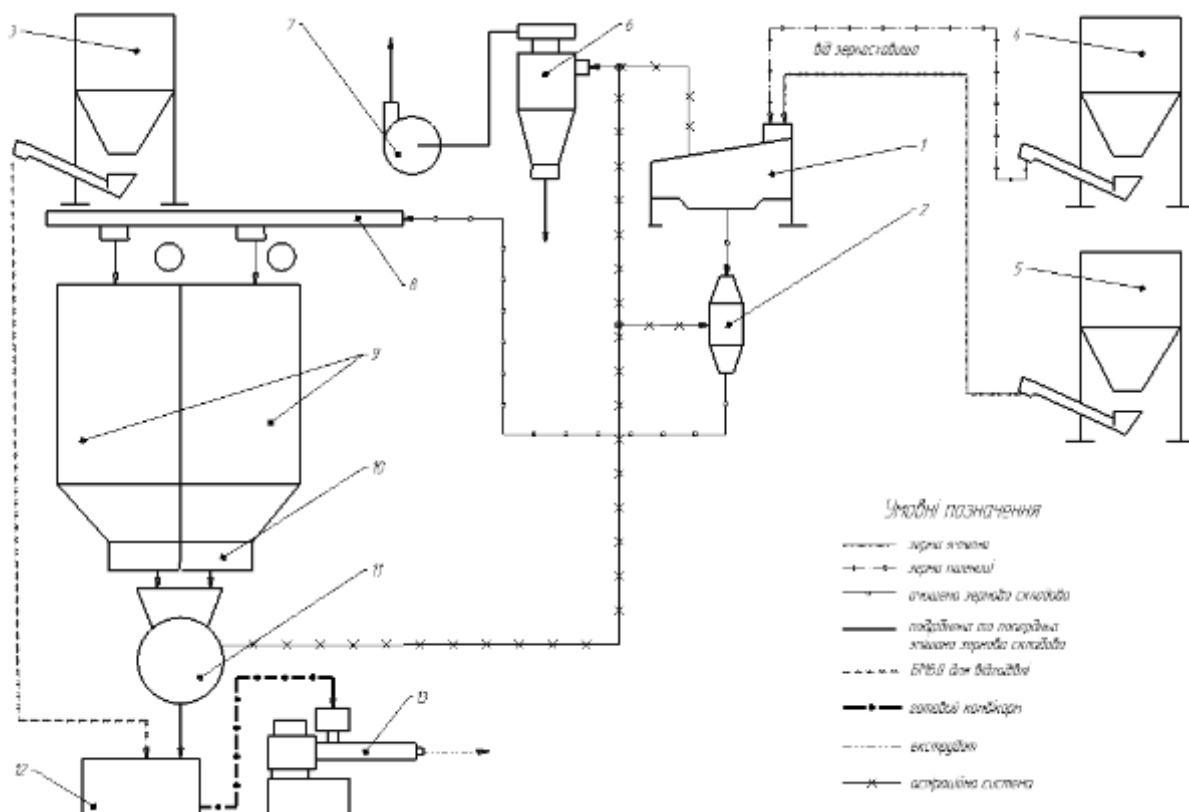


Рисунок 2.5 – Конструкційно-технологічна схема розробленого процесу

Нова схема передбачає направлення компонентів на сепаратор для очищення від домішок, а потім на магнітну колонку для видалення металевих включень. З очищеною сировиною працює гвинтовий конвеєр, який розподіляє її по секціям наддозаторного бункера. БМВД завантажуються у відповідні бункери-накопичувачі, кількість яких відповідає кількості вікових груп тварин.

Спочатку формується зернова суміш з пшениці та ячменю у співвідношенні 1:1. Ці компоненти постачаються в дробарку-змішувач за допомогою об'ємних дозаторів шнекового типу, розташованих під секціями бункера. Під час подрібнення та попереднього змішування зернові компоненти завантажуються до змішувача періодичної дії, обладнаного ваговим дозуванням і встановленого на тензоопорах. Завантаження триває до досягнення ваги, визначеної раціоном.

Після цього в роботу включається бункер БМВД, який постачає відповідну кількість добавки до змішувача. Після остаточного змішування готовий комбікорм направляється до екструдера для проведення остаточної обробки.

2.6 Продуктивність технологічного процесу

Продуктивність лінії приготування кормів визначається за добовою потребою утримуваного поголів'я у кормах. Для розрахунку необхідного добового об'єму комбікорму, що має бути розданий, використовується добова норма його використання.

$$G_{\text{доб}} = \sum_{i=1}^n G_i n_i, \quad (2.1)$$

де G_i – добова потреба в комбікормі для i -ої вікової групи (п. 2.1), кг;

n_i – кількість тварин i -ої вікової групи (п. 2.1).

$$G_{\text{доб}} = 2,4 \cdot 1500 = 3600 \text{ кг} = 3,69 \text{ т.}$$

Продуктивність лінії:

$$Q_{\text{л}} = \frac{G_{\text{доб}}}{t_{\text{зм}}}, \quad (2.2)$$

Тоді по (2.2) маємо

$$Q_n = \frac{3,6}{8} = 0,4 \text{ т/год.}$$

Таким чином, продуктивність лінії приготування кормів складе 0,4 т/год.

2.7 Розрахунок необхідної кількості обладнання

Виходячи з технологічної схеми, нам необхідно підібрати конкретну модель комбікормової установки та екструдера для роботи в парі з нею. Визначення кількості машин проводимо за формулою

$$n = \frac{Q_n}{Q_o}, \quad (2.3)$$

де Q_o - паспортна продуктивність обладнання, т/год.

Раніше як базовий комплект було обрано мінікомбікормову установку типу УМК. На сьогодні найближчий за продуктивністю це комплект УМК-Ф-1, продуктивністю до 1 т/год (табл. 2.1).

Для екструдювання отриманої суміші використаємо зерновий екструдер ЕКЗ-500 (рис. 2.6), продуктивністю до 500 кг/год., встановлена потужність - 55 кВт.



Рисунок 2.6 - Зерновий екструдер EK3-500

2.8 Висновки

В цьому розділі нами було проведено розробку технологічної лінії приготування кормів, продуктивність якої склала 0,4 т/год. Для забезпечення процесу було прийнято схему на основі мінікомбікормової установки УМК, з деякими змінами, а саме на заключному етапі приготування корму нами було застосовано екструдкування за допомогою екструдера EK3-500.

В наступному розділі проведемо пошук та розробку удосконалення приведеного екструдера.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕКСТРУДЕРА КОРМІВ

3.1 Актуальність питання

Хоча екструдери відомі своєю високою ефективністю та рентабельністю завдяки комплексній інтенсивній обробці сировини, вони також мають свої недоліки. Наразі більшість дослідників визначають декілька проблем, характерних для цього типу обладнання. Основними з них є висока енергоефективність процесу, низька тривалість служби та висока вартість окремих компонентів. Навіть часткове вирішення цих проблем може підвищити технічний рівень екструдерів і допоможе зекономити матеріальні ресурси, враховуючи їх широке використання.

Екструдкування комбікормів – це технологічний процес, під час якого кормові суміші піддаються короткочасному впливу високих температур і тиску. Цей процес має низку переваг, що сприяють покращенню якості годівлі свиней та підвищенню ефективності свинарства.

1. Підвищення засвоюваності поживних речовин:

Екструзія руйнує клітинні стінки рослинних компонентів, що полегшує доступ ензимів до поживних речовин. Це збільшує коефіцієнт перетравлення і засвоєння корму, що веде до кращого використання поживних речовин і зростання свиней.

2. Поліпшення гігієнічних властивостей:

Висока температура під час екструдкування знищує патогенні мікроорганізми, такі як бактерії, віруси, гриби і паразити. Це значно знижує ризик захворювань, які передаються через корм, і покращує загальне здоров'я тварин.

3. Збільшення терміну зберігання кормів:

Екструзія знижує вологість і активність води в кормах, що перешкоджає розвитку плісняви та інших мікроорганізмів. Це подовжує термін зберігання кормів і забезпечує їх стабільність при зберіганні.

4. Покращення смакових якостей і апетитності кормів:

Високі температури і тиск під час екструдювання можуть змінювати структуру кормових інгредієнтів, роблячи їх більш смачними та апетитними для свиней. Це сприяє підвищенню споживання корму і, як наслідок, кращим приростам ваги.

5. Оптимізація складу комбікормів:

Процес екструдювання дозволяє включати в корм складні білки та крохмалі, які стають легше засвоюваними після обробки. Це відкриває можливості для використання більш широкого спектру сировинних інгредієнтів, включаючи відходи харчової промисловості.

6. Зниження антиживильних факторів:

Висока температура під час екструзії нейтралізує багато антиживильних речовин, які можуть бути присутні в сировині (наприклад, інгібітори трипсину, глікозиди тощо). Це покращує загальну ефективність корму і здоров'я свиней.

7. Економічна ефективність:

Хоча екструзійне обладнання може вимагати значних початкових інвестицій, довгострокові переваги у вигляді зниження витрат на ветеринарні послуги, кращих приростів ваги та підвищеної ефективності використання корму роблять цей метод економічно вигідним.

Впровадження екструдювання комбікормів у практику годівлі свиней дозволяє досягти кращих виробничих показників, підвищити здоров'я і продуктивність тварин, а також оптимізувати витрати на виробництво свинини. Це сучасний підхід, який відповідає вимогам ефективного та стійкого свинарства. Таким чином видно, що як сухе так рідке годування має ряд позитивних та негативних сторін. Це потребує вдосконалення типів годівлі, при цьому ефективність свинокомплексів визначається технічним рівнем та правильним вибором обладнання.

Та все ж основними напрямками удосконалення такого типу машин, на нашу думку, це підвищення довговічності деталей екструдера та зменшення енергоємності процесу. Саме останній напрям є більш актуальним через високу питому енергоємність екструдювання – до 100 кВт/т готового продукту.

3.2 Пошук шляхів удосконалення конструкцій екструдера кормів

3.2.1 Одношнекові екструдери кормів

Для екструдювання кормів використовують спеціальні установки-екструдери, принцип роботи яких базується на таких технологічних процесах: зернові кормосуміші або їхні окремі компоненти подаються з оперативної ємності до екструдера в цілому або подрібненому вигляді, попередньо зволожені чи пропарені або природної вологості (12-17%). Процес екструдювання триває протягом 10-20 с під тиском 3-5 МПа за температури +110-205°C [4]. З отвору головки екструдера або матриці виходить спучений, пористий продукт у вигляді джгута або гранул різного діаметра.

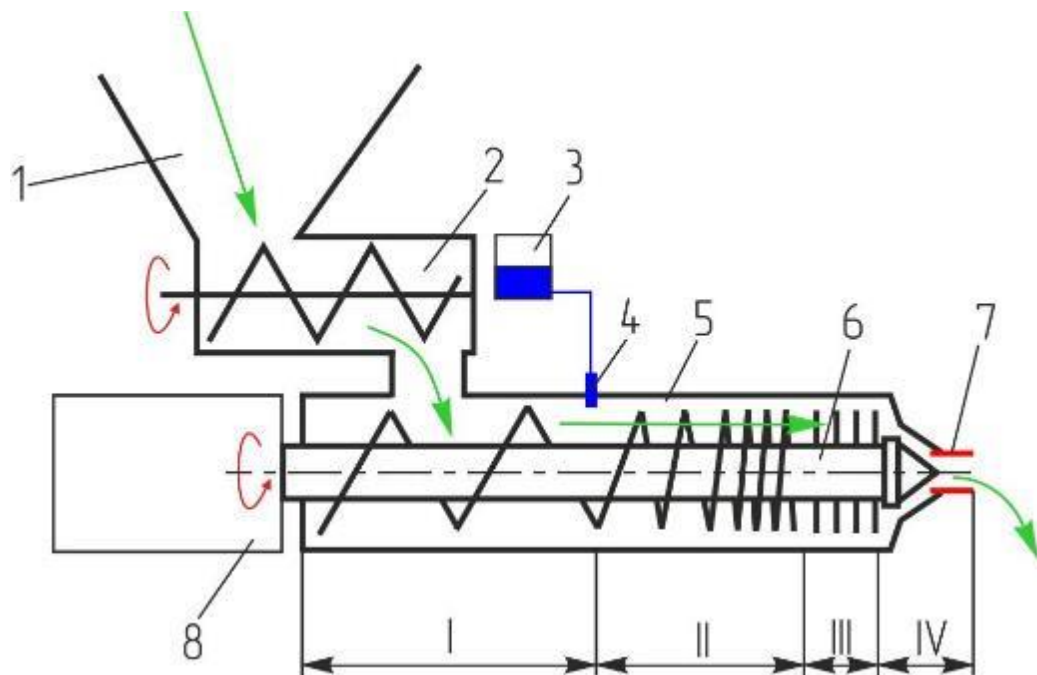


Рисунок 3.1 - Схема екструдера зерна: I – зона завантаження; II – зона збільшення тиску; III – зона гомогенізації; IV – зона екструдювання. 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – ємність з водою або парогенератор; 4 – форсунка; 5 – стовбур; 6 – шнек; 7 – втулка регулювання тиску; 8 – бабка

Гвинтовий еструдер для формування кормових брикетів (рис. 3.2) виконано у вигляді рами 1, на якій знизу жорстко встановлені електродвигун 2 з приводом 3. У верхній частині приводу встановлено маховик 4 із шківом 5 та шліцьовим валом 6 у вигляді шнекового пресового механізму 9, який жорстко приєднаний до рами за допомогою опорних підшипників з можливістю кругового провертання. Маховик забезпечує нормальну роботу в моменти перевантаження.

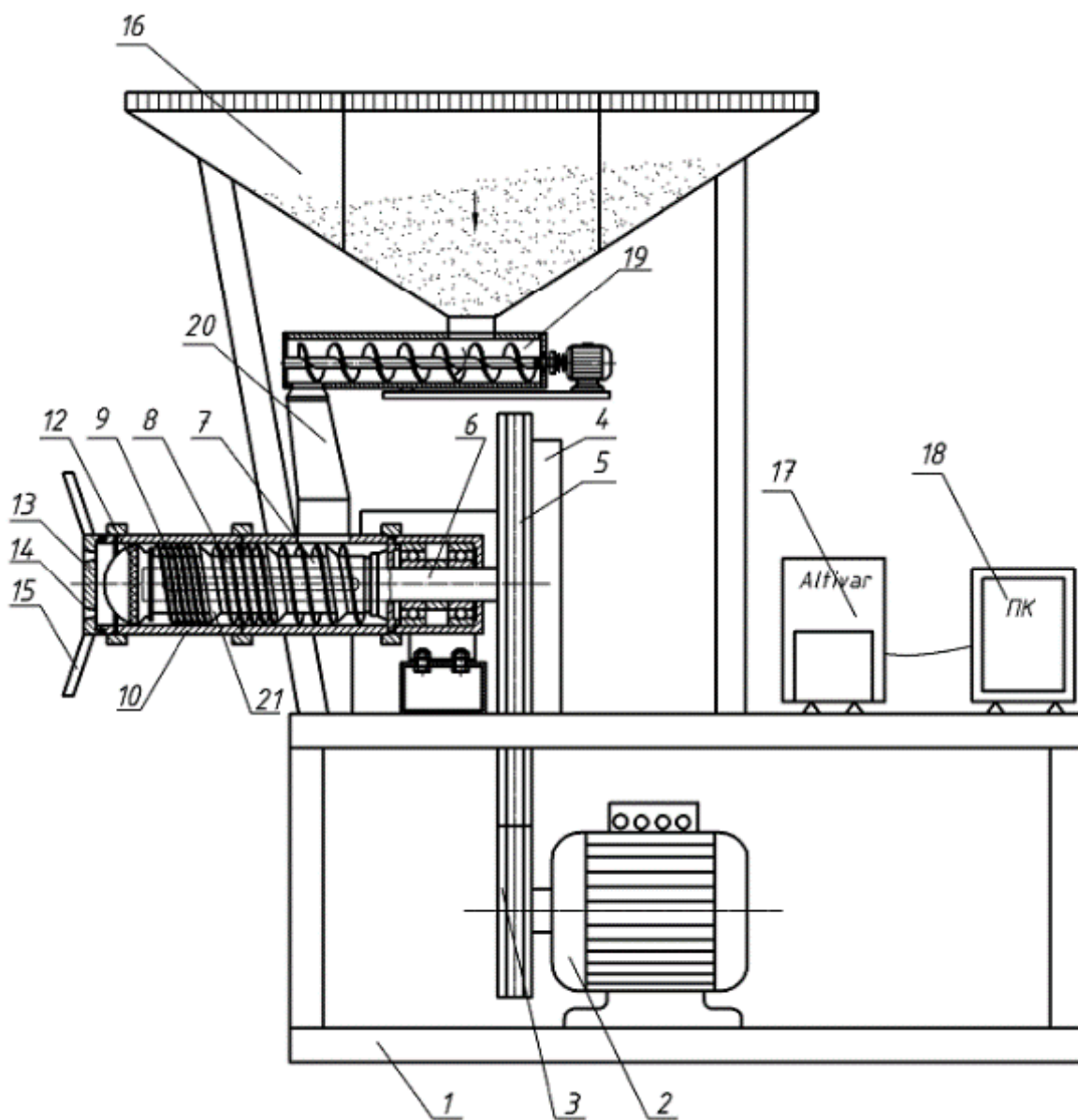


Рисунок 3.2 - Гвинтовий екструдер для формування кормових брикетів

Наприклад, перший по ходу руху матеріалу 7 з кроком 22...24 мм, другий 8 з кроком 18...22 мм і третій 9 – 16...20 мм з однаковими внутрішніми і зовнішніми діаметрами. Зовнішні діаметри секцій шнеків 7, 8 і 9 є у взаємодії з внутрішнім діаметром шліцевої втулки 10, яка жорстко встановлена в корпусі пресового механізму 11. У внутрішньому діаметрі шліцевої втулки рівномірно по колу виконані півкруглі наскрізні пази в кількості 8...12 штук. При цьому секції шнеків жорстко стиснуті на шліцевому валу затискною гайкою 12 з лівого кінця шліцевого вала.

Крім того, на лівому кінці зовнішнього діаметра корпусу пресового механізму розташована різь, яка взаємодіє з мунштуком 13. У тілі мунштука розташовані два або більше калібрувальних осьових наскрізних отворів 14, рівномірно розташованих по колу для формування брикетів. На зовнішньому діаметрі мунштука жорстко закріплені регулювальні рукоятки 15. Бункер 16 складається з окремих секцій з перегородками, наприклад, двома для трьох типів сипких матеріалів зі шибром. Зверху рами 1 встановлено бункер 16, а знизу дна встановлені вібраторами відомої конструкції. Під дном бункера 16 встановлено гвинтовий циліндричний змішувач 19 з приводом, вивантажувальне вікно якого виконано у вигляді нахиленого циліндричного лотка 20, який нижньою основою є у взаємодії з вікном шліцевої втулки 10 корпусу пресового механізму, яке виконано на його вході. Між окремими секціями 7,8,9 шнеків, які жорстко встановлені на шліци приводного вала 6 і конічні шайби 22 зовнішні діаметри яких є меншими зовнішніх діаметрів шнеків, а конічні поверхні встановлені в сторону руху матеріалу, які забезпечують односторонній рух пересування сипучого матеріалу, а внутрішні їх отвори є у взаємодії з шліцевими поверхнями шліцевого вала 6 з можливістю обертового руху 1000 і більше обертів на хвилину.

Конічні шайби 21 покращують виконання технологічного процесу формування кормових брикетів в процесі їх формування, а площа перерізу над конічними шайбами 21 і внутрішнім отвором шліцевої втулки 10 повинен бути рівною або більшою площею калібрувальних отворів 14.

Робота гвинтового еструдера для формування кормових брикетів здійснюється наступним чином. Сипкі матеріали засипають в окремі секції бункера 16 і за допомогою шиберів встановлюють норми їх подачі у гвинтовий змішувач 19. Запускають установку з пульта керування (на кресленні не показаний) і по мірі їх змішування вони по циліндричному нахиленому лотку поступають у корпус пресового механізму через вікно і за допомогою окремих секцій 7,8 і 9 і конічних шайб 21 вони пресують масу, яку переміщують при швидкостях 1000 і більше обертів за хвилину і через калібруючі отвори 14 мунштука 13 здійснюють калібрування кормових брикетів необхідного поперечного січення.

3.2.2 Патентний огляд

В основу корисної моделі № 60863 поставлена задача отримання нового технічного результату: зменшення експлуатаційних витрат.

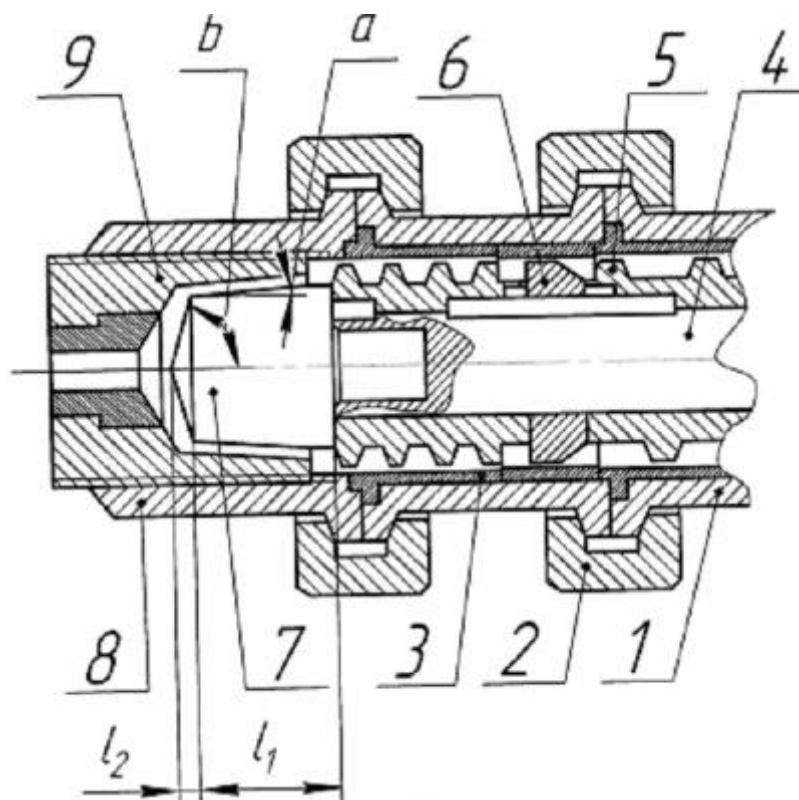


Рисунок 3.3 – Схема до АС № 60863

Поставлена задача досягається тим, що в екструдері зерна, що містить обойми, які з'єднані хомутами, розташовані в обоймах гільзи, вал, на якому встановлено гвинти, шайби та наконечник, корпус та філь'єру, що може зміщуватись вздовж вісі корпусу, згідно з корисною моделлю, наконечник виконаний у вигляді ступінчастого конусу, перша по напрямку подачі сировини ділянка якого довжиною l_1 має кут нахилу твірної до осі $\alpha \leq 15^\circ$, а друга по напрямку подачі сировини ділянка довжиною l_2 має кут нахилу твірної до осі $\beta > 60^\circ$, причому $l_2 \leq 0,5 l_1$.

Очікуваний результат - скорочення матеріальних витрат при експлуатації екструдера шляхом зменшення кількості закупаваних швидкозношуваних деталей через можливість забезпечування компенсації зношування елементів, які основний нагрів сировини.

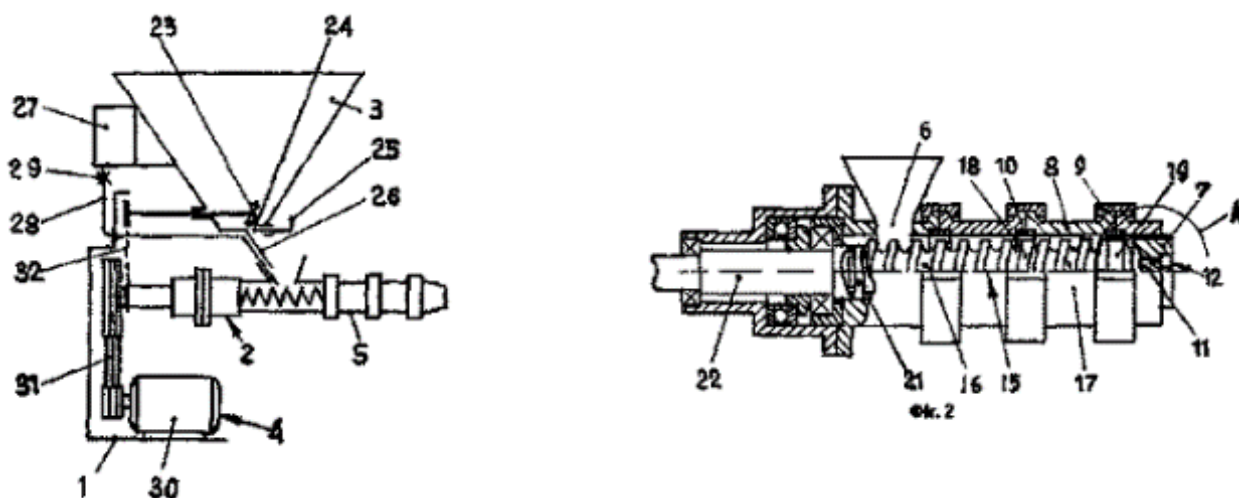


Рисунок 3.4 – Схема до АС № 11060

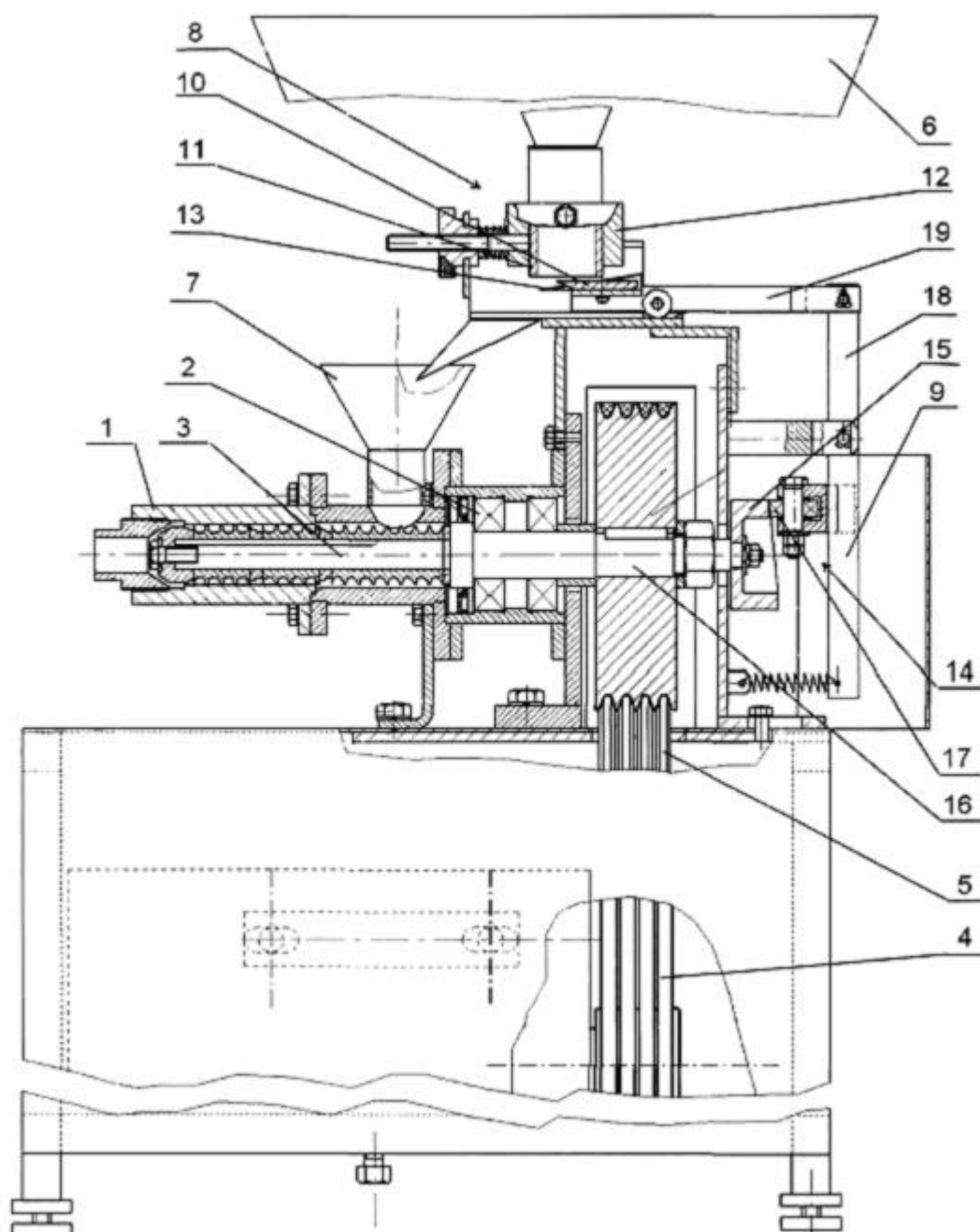


Рисунок 3.5 – Схема до АС № UA 86408 U

Поставлені технічна задача і результат досягаються тим, що в екструдері, що містить основу, на якій змонтовані циліндричний секційний корпус з подрібнюючими кільцями на його внутрішній поверхні і матрицею з вхідною конічною поверхнею і вивантажувальним каналом, встановлену на кінці корпуса з можливістю осьового переміщення, секційним шнеком з давильними циліндричними

поверхнями, розташованими проти кілець, що подрібнюють, і конусним наконечником, новим є те, що циліндричний корпус з'єднаний з трубопроводом подання води, матриця з вхідного боку постачена, кільцевою камерою, вивантажувальний канал якої представляє собою групу двошабельних отворів з діаметром отвору зовнішнього щаблю більшим ніж діаметр отвору внутрішнього щаблю, а шнек складається з двох секцій, довжина вихідної секції якого менша довжини вхідної секції.

В основу корисної моделі № UA 86408 U поставлена задача підвищення стабільності та продуктивності роботи екструдера шляхом зміни обладнання конструкції екструдера додатковим засобом для подрібнення для отримання на вході до шнекового механізму фракцій зерна з розмірами, найбільш оптимальними для забезпечення стабільного процесу екструзії, та одночасно спрощення його конструкції та зручності використання екструдера за рахунок застосування одного приводу як для обертання шнека, так і для попереднього подрібнення, а також конструкції подрібнюючого елемента відповідно до корисної моделі.

Поставлена задача вирішується таким чином, що екструдер для виготовлення корму з зернових сільськогосподарських продуктів, який містить корпус з підшипниковим вузлом, шнековий механізм, з'єднаний з приводом обертання, засіб для завантаження зерна та засіб для подачі зерна до шнекового механізму, відповідно до корисної моделі, додатково обладнано попереднім подрібнювачем, який містить зворотно-поступальний механізм з подрібнюючим елементом.

В основу корисної моделі № 60045 поставлена задача отримання нового технічного результату. Технічним результатом є: зменшення капітальних та експлуатаційних витрат. Поставлена задача досягається тим, що у вузлі екструдера для подрібнення сировини, що складається із обойми та шайби, яка розміщується в обоймі і має циліндричну та конічну зовнішні поверхні та яка призначена для встановлення на валу екструдера, зовнішня поверхня шайби та внутрішня поверхня обойми утворюють робочий зазор, в якому відбувається подрібнення сиро-

вини, кінчна зовнішня поверхня шайби розташована таким чином, що рух си­ровини в робочому зазорі відбувається від меншої основи зрізаного конусу до його більшої основи, згідно з корисною моделлю, шайба виконана таким чином, що її кінчна зовнішня поверхня розташована ексцентрично по відношенню до обойми та по відношенню до вала екструдера, для встановлення на якому при­значена шайба.

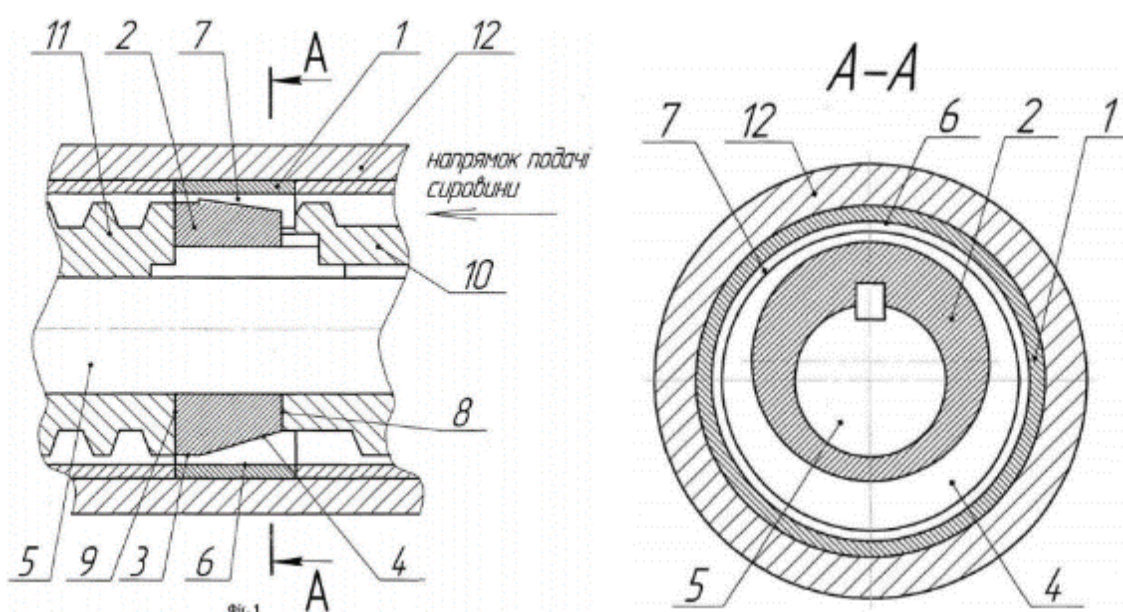


Рисунок 3.6 – Схема до АС № 60045

Завдяки тому, що за корисною моделлю, що пропонується, подрібнення си­ровини відбувається шляхом її поступового защемлення між двома криволі­нійними поверхнями (на зразок принципу дії конусних млинів) зусилля руйну­вання зерен си­ровини створює вал 5 екструдера при його обертанні, а не гвинт 10 (як за відомими аналогами).

Це дозволяє значно скоротити довжину гвинта 10, що встановлюється пе­ред вузлом для подрібнення си­ровини, зменшивши тим самим капітальні та екс-

платуаційні витрати при використанні екструдера (так, згідно найближчого аналога, довжина гвинта, який встановлюється перед вузлом для подрібнення сировини складає близько 45% від загальної довжини гвинтів, застосувавши технічне рішення, за корисною моделлю, що пропонується, можна досягти зменшення загальної довжини гвинтів екструдера на величину близько 20%).

3.3 Розробка варіанту удосконалення екструдера

3.3.1 Вихідні дані

До розробки за основу приймаємо корисну модель № 60045 з прив'язкою до вибраного раніше екструдера ЕКЗ-500. Запропоноване удосконалення дозволяє інтенсифікувати процес подрібнення сировини, що в свою чергу забезпечить зменшення загальної довжини гвинта екструдера. Таке рішення сприяє зменшенню питомої енергоємності процесу. Для забезпечення працездатності удосконаленого екструдера нам необхідно провести ряд розрахунків: визначити силові параметри (потужність на привід), вибрати електродвигун та провести розрахунок елементів на міцність.

Вихідні дані до розрахунку: діаметр шнека – 0,12 м; діаметр вала шнека – 0,094 м; крок останнього напірного витка – 0,020 м; коефіцієнт ковзання сировини по шнеку – 0,65; товщина витка – 0,008 м; об'ємна маса сировини - 0,55 т/м³; частота обертання шнека - 345 об/хв; довжина шнека – 0,9 м; максимальний тиск в зоні екструзії – 5 МПа.

3.3.2 Розрахунок приводу екструдера

Потужність приводного двигуна витрачається на зсувне деформування матеріалу, що перероблюється, у гвинтовому каналі шнека, у зазорі між гребнем шнека та циліндром корпусу та з інших втрат потужності:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \text{ кВт} \quad (3.1)$$

де N – відповідно потужність приводного двигуна, кВт;

N_1 - потужність, що витрачається на транспортування продукту та попереднє ущільнення, кВт;

N_2 - потужність, що витрачається на створення тиску в продукті, кВт;

η – ККД клинопасової передачі.

Потужність, що витрачається на транспортування продукту визначимо за формулою [12]:

$$N_1 = 0,785(D^2 - d^2) \cdot (t_n - b) \cdot K \cdot \rho \cdot 60 \cdot n \cdot L, \text{ кВт} \quad (3.2)$$

де D – діаметр шнека, м;

d – діаметр вала шнека, м;

t_n – крок останнього напірного витка, м.

Тоді для базового варіанту

$$N_1 = 12(0,12^2 - 0,094^2) \cdot (0,02 - 0,008) \cdot 0,65 \cdot 0,55 \cdot 60 \cdot 345 \cdot 0,9 = 5,2 \text{ кВт};$$

для проектного

$$N_1 = 12(0,12^2 - 0,094^2) \cdot (0,02 - 0,008) \cdot 0,65 \cdot 0,55 \cdot 60 \cdot 345 \cdot 0,7 = 4,1 \text{ кВт}.$$

Потужність на створення тиску в продукті визначимо за формулою, наведеною в

$$N_2 = 10^{-3} c \cdot p_{ш} \cdot \operatorname{tg} \alpha (D^2 - d^2) L \omega, \text{ кВт} \quad (3.3)$$

де c – коефіцієнт пропорційності, який враховує конструктивні особливості вихідного отвору преса.

$p_{ш}$ – тиск, який розвивається на виході з преса, Па;

α – кут нахилу, град. Для останнього витка шнека $\alpha = 4,2^\circ$.

Тоді для базового варіанту

$$N_1 = 10^{-3} \cdot 0,6 \cdot 5000000 \cdot \operatorname{tg} 4,2 \cdot (0,12^2 - 0,094^2) \cdot 0,9 \cdot \frac{\pi 345}{30} = 39,8 \text{ кВт};$$

для проектного

$$N_1 = 10^{-3} \cdot 0,6 \cdot 5000000 \cdot \operatorname{tg} 4,2 \cdot (0,12^2 - 0,094^2) \cdot 0,7 \cdot \frac{\pi 345}{30} = 30,95 \text{ кВт}.$$

Повна потужність електродвигуна за (3.1) для базового варіанту

$$N = \frac{5,2 + 39,8}{0,96} 46,8 \text{ кВт};$$

для проектного

$$N = \frac{4,1 + 30,95}{0,96} = 36,5 \text{ кВт.}$$

При виборі електродвигуна також треба враховувати його ККД, згідно для асинхронних двигунів загального призначення при в діапазоні потужностей 37...55 кВт ККД рівне 0,91...0,92. Тоді для проектного варіанту фактична потужність електродвигуна буде рівна:

$$N_{\phi} = \frac{N}{0,92} = \frac{36,5}{0,92} = 40,1 \text{ кВт.} \quad (3.4)$$

За отриманим значенням потужності приймаємо до використання електродвигун марки АИР 250 S6, встановленою потужністю 45 кВт, частота обертання ротору – 1000 об/хв.

3.3.3 Розрахунок елементів на міцність

Розрахункова схема навантаження шнека екструдера наведено на рис. 3.7.

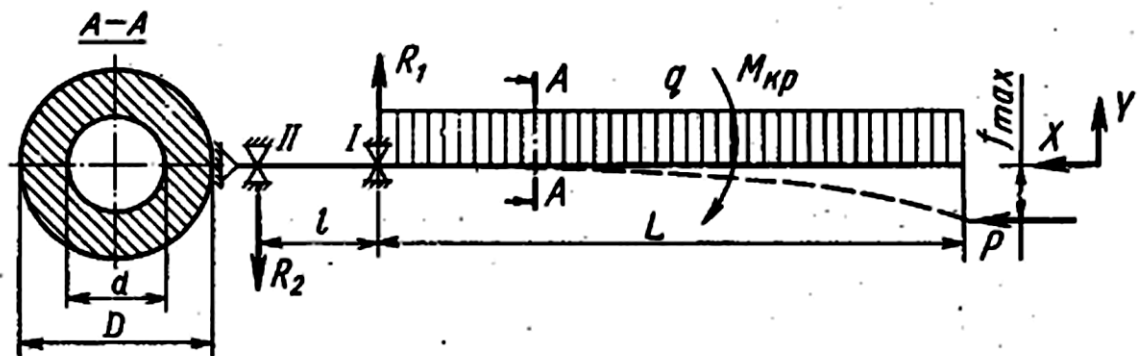


Рисунок 3.7 - Розрахункова схема навантаження шнека екструдера

Шнек підданий дії аксіальної сили P , крутного моменту $M_{кр}$ і рівномірно розподіленого навантаження g через його власну масу. Ці сили викликають прогин у шнеку. Метою міцнісних розрахунків є перевірка заздалегідь прийнятих розмірів шнека і визначення допустимого прогину.

Черв'як попередньо перевіряється на згин по формулі:

$$\lambda = \frac{k \cdot L}{R_i} \leq 50, \quad (3.5)$$

де k - коефіцієнт, що залежить від методу кріплення кінцевої частини вала;
 $k=2$;

R_i - радіус інерції перерізу, м.

$$R_i = \sqrt{\frac{J}{F}}, \quad (3.6)$$

J - момент інерції поперечного переріза вала шнека, m^4 ;

F - площа поперечного переріза шнека, m^2 .

Момент інерції поперечного переріза вала шнека:

$$J = \frac{\pi D^4}{64} \left(1 - \left[\frac{d}{D} \right]^4 \right), \quad (3.7)$$

$$J = \frac{3,14 \cdot 0,12^4}{64} \left(1 - \left[\frac{0,094}{0,12} \right]^4 \right) = 6,34 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Площа поперечного переріза шнека в перетині А-А:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \left(1 - \left[\frac{d}{D} \right]^2 \right), \quad (3.8)$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,12^2}{4} \left(1 - \left[\frac{0,094}{0,12} \right]^2 \right) = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

$$R_i = \sqrt{\frac{6,3 \cdot 10^{-6}}{4,3 \cdot 10^{-3}}} = 0,038 \text{ м}.$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 0,7}{0,038} = 36,8 \leq 50,$$

Згідно з умовою, параметр λ менше 50, тому проводяться розрахунки шнека за першим варіантом.

Міцнісний аналіз здійснюється на максимально можливій зусилля, які виникають у екструдері.

Максимальний тиск формується у шнека, коли отвір у головці закритий і матеріал не виходить з машини (продуктивність дорівнює нулю).

$$Q = \alpha \cdot F_{\alpha} \cdot n - \beta \cdot F_{\beta} \cdot \frac{P_{\max}}{\mu_{cp}} = 0, \quad (3.9)$$

Максимальний тиск:

$$P_{\max} = p_{ui} = 5 \text{ МПа} = 509858,1 \text{ кг/м}^2. \quad (3.10)$$

Максимальне осьове зусилля діюче на шнек, Н:

$$S_{oc} = P_{\max} \cdot F. \quad (3.11)$$

де F- площа поперечного переріза шнека;

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,12^2}{4} = 0,011 \text{ м}^2 \quad (3.12)$$

$$S_{oc} = 509858,1 \cdot 0,011 = 5608,43 \text{ Н.}$$

Крутний момент діючий на шнек:

$$M_{кр} = \frac{N_{ED}}{\omega}, \quad (3.13)$$

де N – потужність привода шнека, Вт;

ω – кутова швидкість шнека, с^{-1} ;

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 345}{30} = 36,1 \text{ с}^{-1}. \quad (3.14)$$

Тоді

$$M_{кр} = \frac{45000}{36,1} = 1250 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Максимальні дотичні напруження на поверхні шнека,:

$$\tau_{\max} = \frac{M_{кр}}{W_p}, \text{ Н/м}^2 \quad (3.15)$$

де W_p - полярний момент опору, м^3 .

$$W_p = \frac{\pi D^3}{4} \left(1 - \left[\frac{d}{D} \right]^4 \right), \quad (3.16)$$

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 0,12^3}{16} \left(1 - \left[\frac{0,094}{0,12} \right]^4 \right) = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3.$$

$$\tau_{\max} = \frac{1250}{6,7 \cdot 10^{-4}} = 1,8 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Нормальні напруження виникають внаслідок осьової сили і рівномірно розподіленого навантаження.

Найвищі напруження будуть спостерігатися в місці закріплення шнека, особливо біля першого підшипника.

Нормальні напруження:

$$\sigma_{\max} = \frac{S_{oc}}{F} + \frac{M_{u\max}}{W_{но}}, \quad (3.17)$$

Максимальний згинальний момент від розподіленого навантаження шнека:

$$M_{u\max} = \frac{\rho \cdot g \cdot F \cdot L^2}{2}, \quad (3.18)$$

де ρ - щільність матеріалу шнека, кг/м^3 ;

g - прискорення вільного падіння, м/с^2 .

$$M_{u\max} = \frac{7800 \cdot 9,8 \cdot 0,011 \cdot 0,7^2}{2} = 206,1 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Осьовий момент опору щодо нейтральної осі:

$$W_{ho} = \frac{\pi D^3}{32} \left(1 - \left[\frac{d}{D} \right]^4 \right), \quad (3.19)$$

$$W_{ho} = \frac{3,14 \cdot 0,12^3}{32} \left(1 - \left[\frac{0,094}{0,12} \right]^4 \right) = 8,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

$$\sigma_{\max} = \frac{5608,43}{0,011} + \frac{206,1}{0,00088} = 7,4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

По третій теорії міцності:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 4\tau_{\max}^2} \leq [\sigma], \quad (3.20)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу для заданих умов його роботи, Н/м²; для сталі 30Х13 $[\sigma]=3,2 \cdot 10^8$ Н/м².

$$\sigma_p = \sqrt{(7,4 \cdot 10^6)^2 + 4(1,8 \cdot 10^6)^2} = 8,3 \cdot 10^7 \leq [3,2 \cdot 10^8] \text{ Н/м}^2.$$

Тобто умова міцності виконується.

Найбільш навантаженою деталлю екструдера буде привідний вал шнека, тому визначимо її діаметр в спряженні з валом бабки.

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0,2[\tau]}}, \quad (3.21)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент на валу, Н·мм;

$[\tau]$ – допустиме напруження на скручування, МПа. Для сталі 30Х13 $[\tau]=342$ МПа.

Тоді

$$d = \sqrt[3]{\frac{1250 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 342}} = 26,5 \text{ мм.}$$

Тобто прийнятий раніше діаметр 52 мм задовільнить умові міцності.

3.4 Висновки

В результаті проведеного удосконалення екструдера ЕКЗ-500 було досягнене зменшення потужності на привід з 55,0 до 45,0 кВт. Для удосконаленої конструкції проведено розрахунки основних елементів на міцність.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги

Загальні вимоги з охорони праці при приготуванні повнораціонних комбікормів в Україні базуються на наступних нормативах:

Закон України "Про охорону праці": Підприємства повинні забезпечувати безпеку і охорону здоров'я працівників на робочому місці, включаючи робочі процеси приготування комбікормів.

Санітарні правила і норми "Охорона праці на підприємствах харчової промисловості": Визначаються вимоги до умов праці на підприємствах харчової промисловості, включаючи виробництво комбікормів.

Гігієнічні нормативи "Гігієнічні вимоги до виробництва та застосування кормів": Встановлюються правила, які повинні дотримуватися під час виробництва та використання кормів, включаючи комбікорми.

Технічні нормативи та стандарти: Враховуються вимоги до обладнання, безпеки та технологічних процесів, пов'язаних із приготуванням комбікормів.

Загальні вимоги охорони праці включають:

Забезпечення відповідного освітлення і вентиляції на робочих місцях.

Використання захисного спорядження, такого як респіратори, рукавички та окуляри.

Навчання працівників правилам безпеки та процедури дії в надзвичайних ситуаціях.

Регулярні медичні огляди працівників, що працюють зі шкідливими речовинами або у небезпечних умовах.

Контроль за умовами праці та виробничими процесами: Працівники повинні бути навчені та здійснювати контроль за відповідністю умов праці нормативам та безпековим вимогам. Регулярні перевірки обладнання та виробничих процесів допомагають уникнути аварійних ситуацій.

Правила безпеки при взаємодії з хімічними речовинами: Виробництво комбікормів може включати використання хімічних речовин, які потребують особливого обережного поводження. Працівники повинні бути навчені правилам безпеки та коректного використання цих речовин.

Екстрені заходи безпеки: Наявність планів евакуації, пожежної безпеки та першої допомоги є обов'язковими на виробництві комбікормів. Працівники повинні бути навчені діяти в екстрених ситуаціях та знати, як викликати допомогу.

Спеціальні вимоги до обладнання та робочих місць: Організація робочих місць та обладнання повинна відповідати стандартам безпеки. Це може включати захисні огороження на обладнанні, підлогові покриття з антиковзним покриттям та інші заходи безпеки.

Стрес-тестування та психологічна підтримка працівників: Довготривалі робочі години та важкі умови праці можуть викликати стрес у працівників. Працівники повинні мати доступ до психологічної підтримки та програм зниження стресу для підтримки їхнього здоров'я та ефективності на роботі.

Ці вимоги спрямовані на забезпечення безпечного та здорового робочого середовища для працівників у виробництві комбікормів.

4.2 Вимоги охорони праці для оператора екструдера комбікормів

Вимоги охорони праці для оператора екструдера комбікормів включають:

Навчання та підготовка: Оператор повинен мати належне навчання щодо безпечної експлуатації та обслуговування екструдера, включаючи процедури запуску, роботи та зупинки обладнання.

Використання захисного спорядження: Оператор повинен носити захисне спорядження, таке як захисні окуляри, респіратор, відповідний одяг та рукавички для запобігання можливих травм або контакту зі шкідливими речовинами.

Постійний контроль за роботою обладнання: Оператор повинен регулярно контролювати роботу екструдера, виявляти будь-які аномалії та вживати відповідних заходів для їх усунення.

Використання автоматизованих систем безпеки: Якщо доступно, оператор повинен використовувати автоматизовані системи безпеки, які можуть контролювати та реагувати на можливі аварійні ситуації.

Знання процедур екстреної зупинки та евакуації: Оператор повинен бути навчений процедур екстреної зупинки обладнання та евакуації з місця роботи у випадку аварійних ситуацій.

Обмеження доступу: Оператор повинен уникати доступу до рухомих частин екструдера під час його роботи, щоб уникнути травм.

Регулярні медичні огляди: Оператор повинен періодично проходити медичні огляди для виявлення будь-яких проблем зі здоров'ям, пов'язаних з роботою на екструдері.

Ці вимоги допомагають забезпечити безпечні умови праці для оператора екструдера комбікормів та зменшити ризик виникнення травм або інших небезпек.

Інструкція з охорони праці для оператора екструдера комбікормів містить наступні пункти:

Загальні вимоги безпеки:

Перед початком роботи ознайомтеся з інструкціями щодо безпеки та правилами експлуатації екструдера. Завжди використовуйте захисне спорядження, включаючи захисні окуляри, рукавички та відповідний одяг.

Правила експлуатації екструдера:

Перед запуском перевірте стан обладнання та переконайтеся в його готовності до роботи. Дотримуйтеся рекомендацій щодо налаштування параметрів роботи екструдера, включаючи температуру та швидкість обертання шнека. Уникайте перевищення максимальних робочих параметрів екструдера, що може призвести до аварій та травм.

Знання процедур безпеки:

Навчіться процедурі екстреної зупинки екструдера та процедурам евакуації у разі аварійних ситуацій. Перед початком роботи ознайомтеся з розташуванням вогнегасників та екстрених виходів.

Управління ризиками:

Уникайте ненавмисного контакту з рухомими частинами екструдера. При роботі з хімічними речовинами, які використовуються для обробки кормів, дотримуйтесь відповідних заходів безпеки.

Технічний стан обладнання:

Періодично проводьте перевірки та технічне обслуговування екструдера для попередження можливих аварій та збереження його ефективності.

Поведінка у випадку аварії:

У разі виникнення аварійної ситуації негайно зупиніть роботу екструдера та викличте допомогу. Уникайте самовільного втручання у випадках, коли це може призвести до загрози для вас чи оточуючих.

Навчання та підготовка:

Перед початком роботи пройдіть навчання з охорони праці та ознайомтеся із внутрішніми правилами та процедурами безпеки виробництва.

Ця інструкція має за мету забезпечити безпечні умови праці для оператора екструдера комбікормів та мінімізувати ризик виникнення травм та інших небезпек.

4.3 Висновки

Для удосконаленої лінії, в зв'язку з тим, що в ній з'явилася нова машина, нами проведено розробку заходів безпеки при роботі з обладнанням лінії приготування кормів.

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА УДОСКОНАЛЕНОГО ЕКСТРУДЕРА

5.1 Вихідні дані

У даному розділі визначається передбачувана економічна ефективність застосування удосконаленого екструдера кормів. Згідно технічної характеристики ЕКЗ-500 потужність його приводу складає 55,0 кВт, при продуктивності 0,5 т/год, а удосконаленого – 45,0 кВт.

Так як все інше обладнання стандартне для обох комплектів, порівнювати будемо лише за характеристиками екструдерів. При цьому, переваги проектного подрібнювача перед серійним - економія електроенергії за рахунок зниження питомої енергоємності екструдювання.

5.2 Розрахунок показників економічної ефективності

Ми будемо порівнювати базовий та удосконалений екструдери комбікормів за питомими експлуатаційними витратами. Для цього ми виконаємо розрахунки згідно з методиками та рекомендаціями, наведеними в літературних джерелах [3, 4].

Таблиця 5.1 - Показники економічної ефективності розробки

Показники	Варіанти	
	базовий	проектний
1	2	3
Час роботи на добу, год.	8	8
1	2	3
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1

Вартість обладнання, грн.	168000	208000
Додаткові капітальні вкладення, грн.	-	40000
Експлуатаційні витрати, грн.	283031,75	258283,75
в тому числі:		
- оплата праці	49917,75	49917,75
- ремонт та ТО	25200,00	31200,00
- амортизація обладнання	16800,00	20800,00
- витрати на електроенергію	191114,00	156366,00
Річна економія експлуатаційних витрат, грн.	-	24748,00
Термін окупності додаткових капіталовкладень, роки	-	1,62

5.3 Висновки

Порівнюючи економічні показники обох варіантів (табл.5.1) бачимо, що застосування на розробленій лінії проектної конструкції екструдера в порівнянні з базовим обладнанням має переваги за експлуатаційними витратами. Строк окупності при впровадженні складе 1,62 роки.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В ході виконання дипломного проекту нами отримано наступні результати:

1. Обґрунтовано необхідність удосконалення лінії приготування кормів на відгодівельній свинофермі ПСП "Агрофірма "Перше Травня";

2. Проведено розробку технологічної лінії приготування кормів, продуктивність якої склала 0,4 т/год. Для забезпечення процесу було прийнято схему на основі мінікомбікормової установки УМК, з де-якими змінами, а саме на заключному етапі приготування корму на-ми було застосовано екструдкування за допомогою екструдера ЕКЗ-500;

3. Розроблено удосконалення екструдера ЕКЗ-500 було досягнене зменшення потужності на привід з 55,0 до 45,0 кВт. Для удосконаленої конструкції проведено розрахунки основних елементів на міцність. Для вузлів та деталей, які зазнали змін проведено розробку робочих креслень.

4. Розроблені заходи з охорони праці при експлуатації технологічної лінії приготування кормів в цілому та розробленого обладнання зокрема;

5. Порівнюючи економічні показники обох варіантів бачимо, що застосування на розробленій лінії проектної конструкції екструдера в порівнянні з базовим обладнанням має значні переваги як за експлуатаційними витратами. Строк окупності при впровадженні складає 1,62 роки.

Виходячи з отриманих показників економічної ефективності можна пропонувати розроблений проект удосконалення лінії приготування кормів на аналогічних підприємствах з виробництва м'яса свиней.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ВНТП-АПК-04.05. Підприємства свинарства/ Міністерство аграрної політики України (Мінагрополітики України) // К.: 2005. – 74 с.
2. Машины для тваринництва та птахівництва // За редакцією В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009, -207 с.
3. Романюха І.О., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств: навч. посібн. [для студ. вищ. навч. закл.] /І.О. Романюха, В.Ю. Дудін; за ред. І. Романюхи. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2014. – 418 с.
4. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 15 с.
5. Дудін В.Ю. Експериментальні дослідження малогабаритного подрібнювача соковитих кормів/ В.Ю. Дудін, О.С. Гаврильченко, П.С. Височин // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Science and civilization – 2018, Volume 12, January 30 - February 7, 2018.: Sheffield. Science and education LTD – 41-45 p
6. Дудін В.Ю. Формування якості годівлі повнораціонними комбікормами / В.Ю. Дудін, О.С. Гаврильченко, Ю.І. Мудрак, П.І. Черниш //Materiály XIV Mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy - 2018», Volume 8 : Praha. Publishing House «Education and Science» - S. 48-53.
7. Дудін В.Ю. Дослідження енергетичних характеристик процесу змішування сипких кормів/ В.Ю. Дудін, Я.О. Муха, О.Ю. Лук'яненко // Materials of the XIII International scientific and practical Conference Conduct of modern science - 2018 , November 30 - December 7, 2018. Construction and architecture. Agriculture. Modern information technology.: Sheffield. Science and education LTD – 41-45 p.
8. Дудін В.Ю. Дослідження процесу різання коренеплодів / В.Ю. Дудін, І.А. Бородавка//Materialy XV Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji, «Strategiczne pytania światowej nauki - 2019» , Volume 10 Przemysł: Nauka i studia– 36-39 s.

9. Дудін В.Ю. Дослідження подрібнювача фуражного зерна сколюючої дії / В.Ю. Дудін, О.М. Антіпов // *Materialy XV Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, «Strategiczne pytania światowej nauki - 2019»*, Volume 10 *Przemysł: Nauka i studia* -33-35 s.

10. *Машини для тваринництва та птахівництва* // За редакцією В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, Дослідницьке, УкрНДІВПТ ім. Погорілого – 2009, -207 с.

11. Романюха І.О., Павленко С.І., Дудін В.Ю. Курсове і дипломне проектування тваринницьких підприємств. Навчальний посібник /За ред. І.О. Романюхи. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2009. – 272 с.

12. *Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств: Навч. посібник для студентів вищ. агр. закладів освіти 3 - 4 рівнів акредитації за спец. „Механізація сіл. госп – ва” (спеціалізація „Механізація тваринництва”)* /І.І. Ревенко, В.Д. Роговий, В.І. Кравчук та ін.; за ред. І.І. Ревенка. – К.: Урожай, 1999, - 199 с.

13. *Механізація виробництва продукції тваринництва: Підручник/ І.І.Ревенко, Г.М.Кукта , В.М.Манько та ін.; За ред. І.І.Ревенка. – К.: Урожай, 1994. – 264 с.*

14. Мельник В.О. Способи вирощування свиней: вплив на продуктивні показники і фізіологічний стан / В. О. Мельник // *свинарство: Міжвід. темат. наук. зб. / Інститут птахівництва УААН. –Харків, 2005. – Вип. 57. – С. 337-347.*

15. *Технологія виробництва продукції свинарства: підручник для студентів вищ. навч. закл. / [В. П. Бородай, М. І. Сахацький, А. І. Вертійчук та ін.]. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – 360 с.*

16. *Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва/ І.Г.Бойко, В.І.Гридасов, А.І.Дзюба та ін.; За ред. О.П.Скорика, О.І.Фісяченка. – Харків, 2004. – 272 с.*

17. *Каталог-довідник машин і обладнання «Агротехніка – 2020»* –К.: Агростар – ТАС, 2020. -209 с.

18. Осипенко В.І. Екструдер зерна. Деклараційний патент на винахід № 60863 U Україна, МПК В29С 49/04. – № u201100139; заявл. 04.01.2011; опублік. 25.06.2011, бюл. № 12.

19. Дрига А.І. Екструдер зерна. Деклараційний патент на винахід № 11060 U Україна, МПК В29С 49/04. – № u 1200504519; заявл. 16.05.2005; опублік. 15.12.2005, бюл. № 12.

20. Мінець О.Ф. Екструдер для виготовлення корму із зернових сільськогосподарських продуктів. Деклараційний патент на винахід № 86408 U Україна, МПК А23N 17/00. – № u201308954; заявл. 16.07.2013; опублік. 25.12.2013, бюл. № 24.

21. Ситник О.О. Вузол екструдера для подрібнення сировини. Деклараційний патент на винахід № 60045U Україна, МПК А23N 17/00. – № u201013520; заявл. 15.11.2010; опублік. 10.06.2011, бюл. № 11.

22. Нова сільськогосподарська техніка/ В.А.Ясенєцький, В.С.Куліш, М.П. Мечта та ін.; За ред. В.А. Ясенєцького. – К.: Урожай, 1991. – 320 с.

23. НПАОП 01.2-1.12-05. Правила охорони праці у тваринництві. свинарські підприємства.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

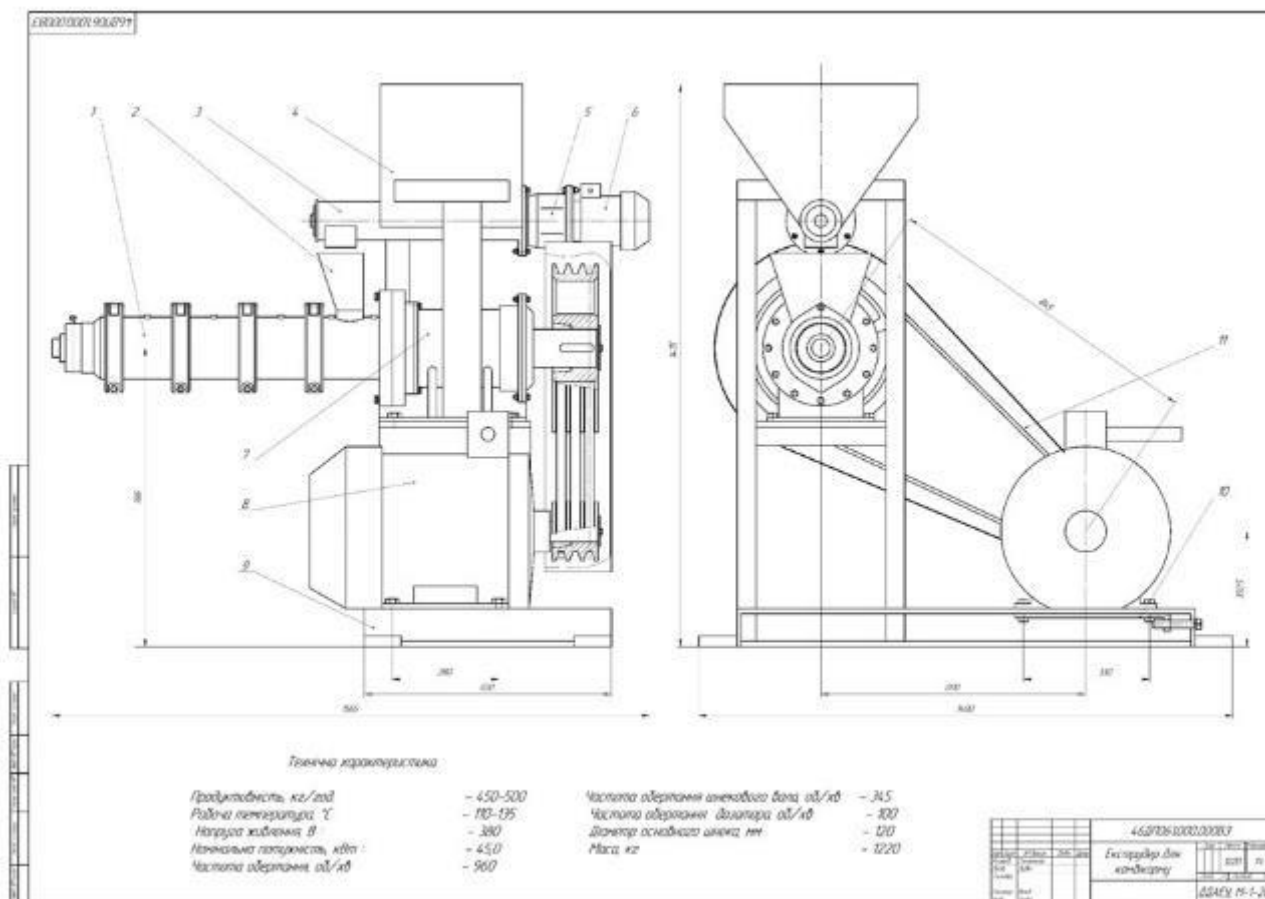
**Розробка технологічного процесу приготування
кормів на свинофермі з удосконаленням
екструдера комбікормів**

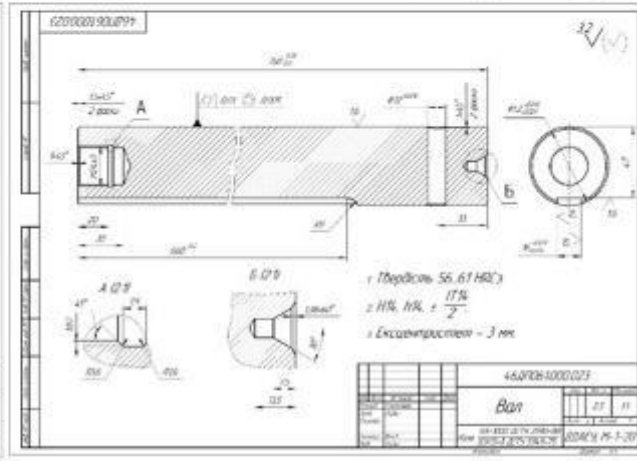
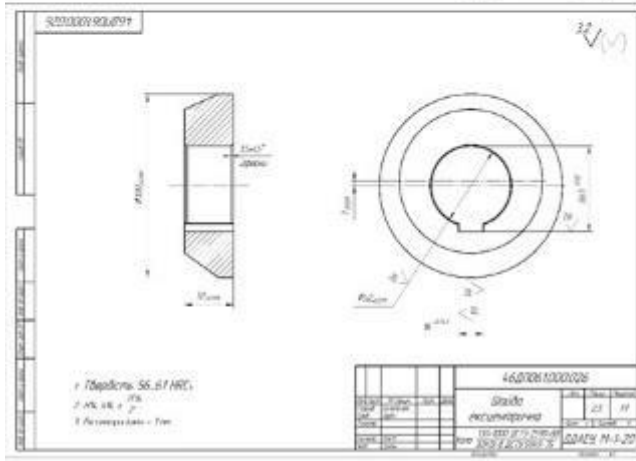
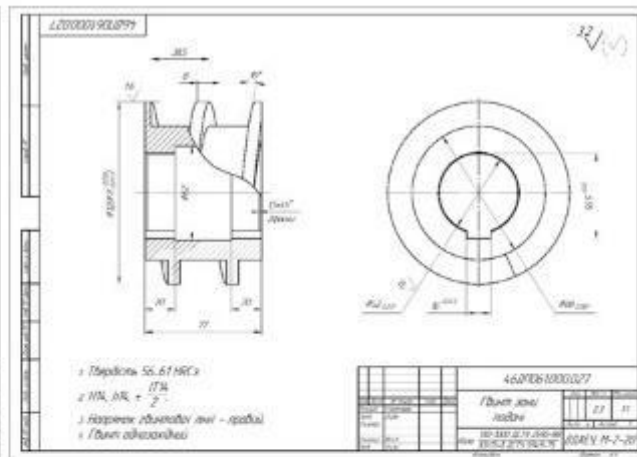
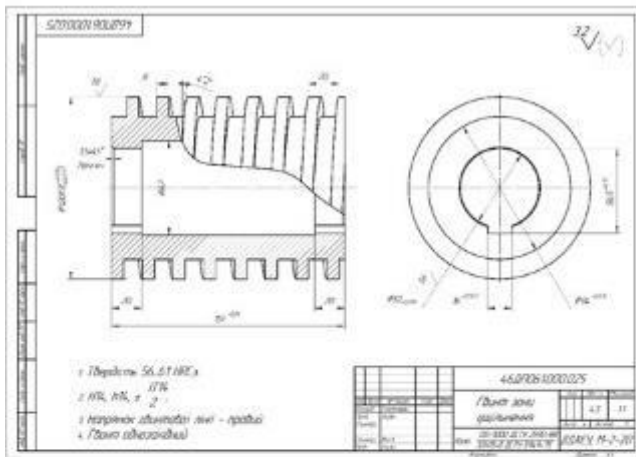
демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу, групи М-1-20
Соломонюк Даниїл Вадимович

Керівник: к. т. н., доцент
Дудін Володимир Юрійович

Дніпро-2024





Формат	Зона	Позич.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A3			46ДПО49.100.000СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	46ДПО61.001.001	Втулка	1	
		2	46ДПО61.001.002	Мундштук	1	
		3	46ДПО61.001.003	Ступиця	1	
		4	46ДПО61.001.004	Обойма	3	
		5	46ДПО61.001.005	Стакан	3	
		6	46ДПО61.001.006	Вставка	3	
		7	46ДПО61.001.007	Муфта	4	
		8	46ДПО61.001.008	Штифт	4	
		9	46ДПО61.001.009	Ступиця з обоймою	1	
		10	46ДПО61.001.010	Стакан завантаження	1	
		11	46ДПО61.001.011	Ступиця опорна	1	
		12	46ДПО61.001.012	Ступиця бабки	1	
		13	46ДПО61.001.013	Корпус бабки	1	
		14	46ДПО61.001.014	Стакан бабки	1	
		15	46ДПО61.001.015	Кришка	1	
		16	46ДПО61.001.016	Вал привідний	1	
				46ДПО61.001.000СК		
Зм.	Стан.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив	Соломанюк				Літера	Аркуш
Керівник	Дудін				У	1
Консульт.					Аркушів	
Н. контр.	Івлєв				1	
Заб. каф.	Дудін				ДДАЕУ, гр.Мз-2-11	
Ствол екструдера						

