

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра будівництва та професійної освіти

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

« магістр »

на тему: « Обґрунтування конструктивних параметрів бункера для
вивантаження кукурудзи»

КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 133 Галузеве
машинобудування
ступеня вищої освіти «магістр»
групи 133ГМмд_21
Лукашенко О.В.

Керівник: к.т.н. _Муравльов В.В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 5 розділів, 55 с., 11 рис., 6 табл., 41 літературних джерел.

Об'єктом розробки вибрано робочий процес витікання кукурудзи із щілинного бункера з випускним отвором.

Предметом дослідження є аналітичні та експериментальні закономірності вивантаження кукурудзи із бункерів із випускним отвором під дією сил гравітації.

Метою кваліфікаційної роботи магістра є підвищення рівномірності вивантаження кукурудзи з бункерів з випускним отвором шляхом раціоналізації форми випускного отвору бункера.

Практичне значення кваліфікаційної роботи магістра – встановлений зв'язок мінімальної висоти випускного отвору, при якому починається стійке закінчення зернового матеріалу, з урахуванням геометричних параметрів бункера та фізико-механічних властивостей зерна.

У **першому розділі** розглянуто застосовувані та перспективні технологічні схеми годівлі ВРХ, проведено аналіз існуючих технологій та здійснена коротка характеристика існуючих бункерів.

У **другому розділі** математична модель руху зернового сипучого тіла із бункера.

У **третьому розділі** представлена загальна методика проведення експериментів, описаний експериментальний зразок, прилади та вимірювальна апаратура, що використовуються при дослідженнях, викладені методики досліджень та обробки експериментальних даних.

У **четвертому розділі** викладено результати експериментальних досліджень та перевірки відповідності теоретичних залежностей отриманим даним.

У **п'ятому розділі** розглянуті питання екологічної безпеки та запропоновані заходи з охорони праці, зроблений аналіз техніко-економічного обґрунтування застосування бункера з випускним отвором.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Практичні результати роботи – обґрунтовано конструкцію та розроблено бункер з раціональною формою випускного отвору, що забезпечує рівномірне та стійке вивантаження зернового матеріалу.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – використання запропонованого бункера кормів в агропромисловому виробництві економічно доцільно, а капітальні витрати окупаються менше, ніж за один рік.

Сфера застосування результатів роботи – агропромислове і машинобудівне виробництво.

Ілюстраційна частина кваліфікаційної роботи – 8 аркушів.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу Unicheck: унікальність тексту – 87,9%.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра присвячена питанням підвищення рівномірності вивантаження кукурудзи з бункерів з випускним отвором шляхом раціоналізації форми випускного отвору бункера.

КУКУРУДЗА, БУНКЕР, ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИТІКАННЯ, ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА, ОХОРОНА ПРАЦІ.

ANNOTATION

The master's qualification work is devoted to the issue of increasing the uniformity of corn discharge from hoppers with an outlet opening by rationalizing the shape of the outlet opening of the hopper.

CORN, BUNKER, RESEARCH, LEAKAGE, ENVIRONMENTAL EXPERTISE, OCCUPATIONAL PROTECTION.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1 Основи технології кормоприготування в умовах внутрішньогосподарського виробництва	9
1.2 Типові варіанти цехів та агрегатів для приготування кормо сумішей з використанням кукурудзи.....	12
1.3 Класифікація існуючих бункерів.....	16
1.4 Коротка характеристика існуючих бункерів.....	19
1.4 Висновки до розділу	22
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	23
2.1 Обґрунтування моделі зернового сипучого тіла.....	23
3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
3.1 Експериментальне обладнання та прилади для вимірювань.....	27
3.2 Методики проведення експериментальних досліджень та обробки експериментальних даних	31
3.3 Підготовка проведення лабораторних досліджень.....	32
Висновки до розділу	33
4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	34
4.1 Вплив фізико-механічних властивостей кукурудзи на процес їх витікання з бункера з випускним отвором	34
4.2 Вплив кута нахилу днища бункера з випускним отвором на процес витікання кукурудзи	36
Висновки до розділу	41
5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	42
5.1 Екологічна експертиза	42
4.2 Охорона праці.....	44
Загальні висновки.....	52
Список джерел посилання.....	53

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Актуальність теми. Більшість сільськогосподарських процесів, пов'язаних із транспортуванням, переробкою та зберіганням сипких матеріалів, мають бункери різних розмірів та форм. Широкого поширення набули бункери з бічним випускним отвором, наприклад, у повітряних та ґратчастих сепараторах, дозують пристроях, млинах і т.д. Ці бункери, в порівнянні з осиметричними бункерами, легші в управлінні [1].

У технологічних лініях подібні бункери повинні забезпечувати рівномірну подачу сипучого матеріалу по всій довжині випускного отвору, що досить складно здійснити. Також нерідко потрібно регулювати швидкість закінчення із щілинних бункерів сипучого матеріалу для вибору оптимального режиму роботи агрегату. У сучасних умовах підвищення рівномірності вивантаження сипких матеріалів та регулювання швидкості витікання можливе двома способами:

- застосування різних спонукань руху зерна в бункерах - шнеків, вібраторів, установка всередині бункерів всіляких валиків живлення;
- визначення раціональної форми щілинного випускного отвору бункерів, конструктивних його розмірів.

У більшості випадків другий спосіб є кращим, тому що він виключає необхідність створення додаткового обладнання і не вимагає значних енерговитрат. Також за мінімальних механічних впливів на зерно їх травмованість зводиться до мінімуму.

Метою дослідження – підвищення рівномірності вивантаження кукурудзи з бункерів з випускним отвором шляхом раціоналізації форми випускного отвору бункера.

Завдання дослідження:

- вивчити стан питання щодо технології приготування повнораціонних кормів та зробити аналіз основних відомих бункерів з щілинним випускним отвором;
- визначити теоретичну залежність, яка встановлює взаємозв'язок між параметрами бункера, фізико-механічними властивостями зернового матеріалу

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

та швидкістю його закінчення;

– виконати теоретичні та експериментальні дослідження процесу використання бункера випускним отвором раціональної форми;

– розробити практичні рекомендації щодо реалізації результатів роботи.

Об'єкт дослідження: робочий процес витікання кукурудзи із щільного бункера з випускним отвором.

Предмет дослідження: аналітичні та експериментальні закономірності вивантаження кукурудзи із бункерів із випускним отвором під дією сил гравітації.

Методика досліджень: теоретичні дослідження процесу вивантаження кукурудзи ґрунтувалися на основних положеннях теоретичної механіки, гідравліки та механіки сипучих матеріалів. Проведення експериментальних досліджень у лабораторних умовах здійснювалося з використанням стандартних методик. Результати досліджень оброблялися із застосуванням програм Statistica 8.0, MSExcel та інших.

Наукова новизна:

- встановлений зв'язок мінімальної висоти випускного отвору, при якому починається стійке закінчення зернового матеріалу, з урахуванням геометричних параметрів бункера та фізико-механічних властивостей зерна;

Практична значимість та реалізація: обґрунтовано конструкцію та розроблено бункер з раціональною формою випускного отвору, що забезпечує рівномірне та стійке вивантаження зернового матеріалу.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ІСТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Основи технології кормоприготування в умовах внутрішньогосподарського виробництва

Тваринницька галузь сільського господарства є основним споживачем кормів. При цьому, оскільки жоден вид корму не містить повного набору необхідних для тварин поживних речовин, вітамінів і мікроелементів, згодовування окремих видів кормів призводить до того, що тварини повільно розвиваються. Віддача від них знижується, зростають витрати на одиницю виробленої продукції і, в кінцевому підсумку, знижується рентабельність виробництва. Наприклад, неправильне співвідношення корисних компонентів в раціоні свиней за елементами живлення веде до зниження середньодобового приросту їх маси на 30-35% і збільшення витрат корму на одиницю продукції на 50% [1]. В середньому витрата кормів на отримання 1 ц молока перевищує витрати праці в 1,5 рази, м'яса великої рогатої худоби (ВРХ) - в 2,5 рази, свиней - в 2,0 рази, птиці - в 1,3 рази.

В структурі раціонів великої рогатої худоби концентровані корми становлять до 42%, свиней і птиці відповідно до 80 і 95% [2-4].

Важливою складовою собівартості готового корму є, як відомо, вартість використаних в ньому компонентів. Тому приготування кормів має максимально базуватися на виробленому і наявному в господарстві сировину (зерно злакових і олійних культур, білкові компоненти, мінеральні компоненти).

Разом з тим слід зазначити, що ніякі особливості специфіки господарства та його сировинної бази не повинні порушувати принципів неухильного дотримання нормативних вимог до забезпеченості раціонів обмінною енергією, сухою речовиною і іншими поживними речовинами і безумовного задоволення якості підготовки сировини і приготування збалансованого комбікорму пред'являються до них зоотехнічним вимогам. Цьому в чималому ступені сприяє можливість оперативного контролю якості

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за ходом технологічних операцій та внесення відповідних коректив у роботу технологічного обладнання вже на стадії приготування корму, легко реалізується в умовах внутрішньогосподарського підприємства.

Нарешті, важливим фактором, що визначає в кінцевому підсумку і собівартість готового корму, є показники використовуваного в складі технологічних ліній внутрішньогосподарського підприємства комплексу технічних засобів. Для ефективної роботи такого підприємства компоновка обладнання його технологічних ліній повинна здійснюватися по блочно-модульним принципу, що зводить до мінімуму допоміжні передавальні (транспортні) операції та забезпечує можливість швидкої зміни режиму його роботи. Саме ж обладнання повинно відповідати вимогам ресурсозбереження при гарантованому забезпеченні необхідної якості продукції.

Можливі варіанти отримання комбікорму сільськогосподарським підприємством і приготування на його основі повнораціонних кормосумішей ілюструє структурна схема, розроблена авторами [5-7]. Вироблена в галузі рослинництва підприємства сільськогосподарська продукція включає насіння зернових і бобових культур, насіння олійних культур, зелені корми, грубі (сіно) і соковиті (сінаж, силос, коренеплоди) корми.

Насіння зернових і олійних культур, зелена трава частково використовуються для переробки на продовольчі та кормові цілі. Отримувані при цьому відходи переробки продукції (висівки, мучка, макухи, шроту і т.д.), а також готова продукція (трав'яне борошно) використовуються у виробництві кормів

Аналізуючи структурну схему, можна виділити два граничних варіанти отримання господарством комбікорми:

- придбання за рахунок часткової реалізації на ринку власної сільськогосподарської продукції виробленого спеціалізованим підприємством (наприклад, комбікормовим заводом) комбікорму із закуплених на ринку компонентів;

- виробництво комбікорму на господарському підприємстві з

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

максимальним використанням власної сировинної бази і закупівлею на ринку відсутніх компонентів.

В першому варіанті придбаний комбікорм, відповідний специфіці наявної в господарстві тваринницької галузі, може безпосередньо лунати тваринам (якщо він використовується як основний корм, наприклад, для птиці) або використовуватися в якості компонента повнораціонного кормосуміші, наприклад, при виробництві корму для великої рогатої худоби. В іншому випадку в господарстві на базі стаціонарних кормозмішувачів агрегатів, що розміщуються в невеликих приміщеннях, мінікормоцехів або мобільних змішувачів-роздавальників з використанням грубих і соковитих кормів власного виробництва та покупних комбікормів готують повнораціонні кормові суміші. Відпадає необхідність в зведенні в господарствах громіздких і дорогих кормоцехів, але визначальну роль в даному варіанті все ж грає вартість купується господарством повнораціонного комбікорму, приготованого на спеціалізованому комбікормовому заводі з покупних компонентів, і остаточний вибір на користь того чи іншого варіанта можна зробити лише проаналізувавши їх техніко-економічні показники.

Другий варіант забезпечує більш гнучку систему виробництва, що дозволяє оперативно реагувати на мінливі запити тваринницької галузі шляхом відповідної перебудови технологічного процесу. До того ж в максимальному ступені використовується сировина власного виробництва з реальною можливістю здешевлення вироблених кормосумішей за рахунок вдосконалення технологічних процесів заготівлі вихідних компонентів і приготування кормів. Для цього в господарстві створюється кормоцех з повним набором технологічних ліній, що дозволяють на основі максимального використання власної сировини і частково купуються компонентів виробляти повнораціонні комбікорми і кормові суміші для тваринницької галузі.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Типові варіанти цехів та агрегатів для приготування кормо сумішей з використанням кукурудзи

Прикладом можуть служити розроблені раніше цехи для приготування повнораціонних комбікормів для свиней безпосередньо в господарствах і міжгосподарських об'єднаннях із зерна власного виробництва та білково-вітамінних добавок промислового виготовлення - ОЦК-4, ОКЦ-4, ОКЦ-15, ОКЦ-30 і кормоцех на базі комплектів обладнання КОРК-15А і КЦК-5, що використовуються на молочнотоварних фермах на 800-1200 корів і відгодівельних комплексах до 5000 голів.

Обладнання цеху ОЦК-4 продуктивністю 4 т / год [8-10] комплектується з окремих блоків [11]:

- подрібнювально-змішувального, призначеного для накопичення вихідних компонентів (зерна і готових БМВД), дозування їх, дроблення зернових компонентів, змішування подрібнених зернових компонентів з БМВД і видачі готового комбікорму;
- приготування білково-вітамінно-мінеральних добавок;
- рідких добавок для збагачення комбікорму технічним жиром, мелясою і карбамідом;
- гранулювання корму.

Обладнання цеху включає систему автоматичного управління засобами транспортування і дозування сипких компонентів, транспортні засоби та систему електрообладнання.

Цех працює наступним чином.

Зернові компоненти і промислові білково-вітамінні добавки послідовно подаються на вібросепаратор і магнітну колонку і після очищення від сторонніх домішок накопичуються у відповідних бункерах подрібнювально-змішувального відділення. Сюди ж подається і трав'яна мука. Відповідно до заданого рецептом за допомогою пневматично керуючої машини (ПУМ-1), послідовно взяті з кожного бункера компоненти подаються

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пневмотранспортером на пневматичні порційні ваги. Сформована таким чином порція зернових компонентів надходить в дробарку, а подрібнене зерно накопичується в бункері над змішувачем. Після того, як ваги звільняються від навішування зерна, в них відповідно до раціону відважуються порції білково-вітамінних добавок і трав'яного борошна, які так само подаються в бункер над змішувачем. Підготовлена відповідно до рецепту порція кормів масою 500 кг з бункера висипається в змішувач, перемішується і готовий комбікорм надходить або на склад, або в оперативний бункер блоку рідких добавок, або на гранулювання.

Кормоцехи КОРК-15А, КЦК-5-3, ЦПК-12 та інші їх модифікації з продуктивністю 15-20 т/год [12] для виробництва кормових сумішей з грубих, соковитих і концентрованих кормів і рідких збагачувальних добавок на молочнотоварних фермах дещо відрізняються набором використовуваного обладнання, але, як правило, мають однакові технологічні лінії (рис. 1.1):

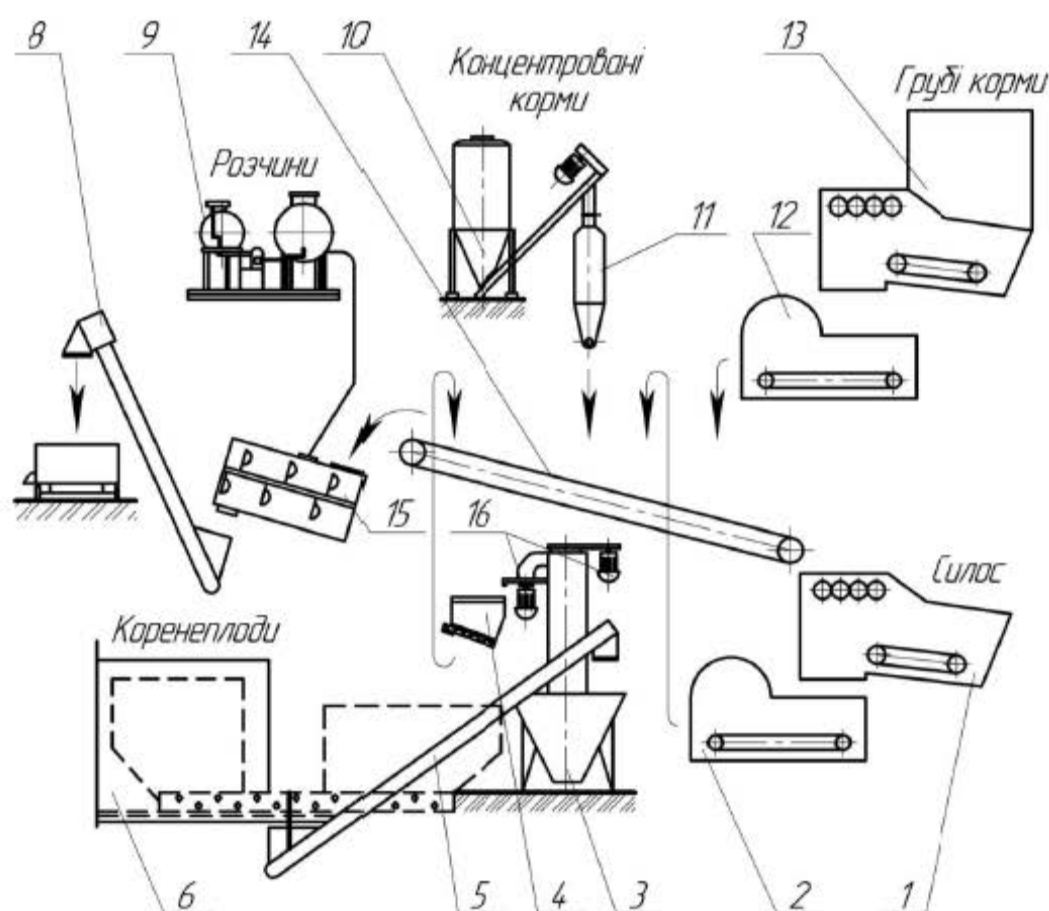


Рисунок 1.1 – Технологічні лінії кормоцеху КОРК-15А-9

- прийому, накопичення, подрібнення і дозованої подачі грубих кормів, силосу, сінажу, зеленої маси, а також коренебульбоплодів;
- прийому, накопичення подрібнення і дозованої подачі концентратів;
- прийому, підготовки і дозованої подачі поживних розчинів (меляси, карбаміду, кухонної солі та ін.);
- прийому, підготовки і дозованої подачі мінеральних добавок;
- прийому, накопичення і дозованої подачі жому;
- збору, транспортування, змішування, доподрібнення, збагачення та видачі кормосумішей вологістю 65-70%.

Технологічний процес роботи такого цеху протікає в такий спосіб. Солону (сіно) в розсипи або тюках, траву або силос (сінаж) і жом з транспортних засобів вивантажують в лоток живильника відповідної лінії і дозовано подають на збірний транспортер [13].

Коренеплоди з транспортних засобів вивантажують на лоток живильника коренебульбоплодів і направляють в подрібнювач - каменевловлювач, де відбувається їх миття, відділення від сторонніх включень і подрібнення. Подрібнені коренебульбоплоди з бункера - дозатора надходять також на збірний транспортер. Підготовлені на лінії рідкі збагачувальні добавки насосом - дозатором по системі трубопроводів подаються до форсунок, закріпленим на корпусі змішувача кормів. Віддозовані компоненти збірним транспортером подаються в модернізований подрібнювач - змішувач кормів ІБК-ЗА. Сюди ж з бункера-дозатора надходять і концентровані корми. У змішувачі компоненти доподрібнюються, перемішуються і у вигляді готової кормосуміші вивантажуються в мобільні кормороздавачі, які доставляють її в тваринницькі приміщення [14].

Згодовування тваринам кормових сумішей, які готуються в таких цехах, в порівнянні з роздільним згодовуванням компонентів раціону підвищує рентабельність виробництва молока на 4,4-13,6% за рахунок збільшення продуктивності корів і зниження питомої витрати кормів

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однак, використовувані при цьому цеху відрізняються високою вартістю будівельної частини, великою енергоємністю, а безперервний режим роботи висока їх продуктивність обмежують, до певної міри, можливість оперативної перебудови технологічного процесу на виробництво кормів для окремих груп тварин. Що використовується в них, як правило, об'ємне дозування компонентів не задовольняє збільшеним вимогам до нерівномірності дозування компонентів. Залишає бажати кращого і однорідність одержуваної кормосуміші (79-89%) [15].

Найкраще корми засвоюються при вживанні тваринами збалансованих за вмістом кормів. До складу їх входять зернові (кукурудза, ячмінь, пшениця, овес, горох) і борошністі (висівки, мучка) компоненти, продукти переробних підприємств (шрот, макуха), продукти тваринного походження (м'ясо, риба, м'ясо-кісткове борошно) і мікробіологічного синтезу (дріжджі, амінокислоти), вітамінні корми (хвойне борошно), мінеральні (сіль, крейда, фосфат) і рідкі (меласа, кормовий жир, рослинна олія) компоненти і біологічно активні речовини. Основними ж структурними складовими комбікормів є зернові компоненти, частка яких може становити від 60 до 70%.

Однією з основних операцій технологічного процесу приготування повнораціонних кормосумішей є дозування компонентів. Неточне дозування веде до зниження кормової і біологічної цінності корму, порушення балансу поживних речовин в ньому, а при надлишку дорогих компонентів - і до подорожчання кінцевої продукції. Особлива точність дозування потрібно при виробництві білково-вітамінно-мінеральних добавок і преміксів, так як найменше відхилення від норм введення окремих компонентів, що визначаються рецептурою корми, може привести до непоправних наслідків. Для отримання збалансованої кормосуміші (комбікорми) за прийнятим рецептом необхідні дозуючі пристрої з похибкою не більше $\pm 0,1\%$, що досягається при використанні тензометричних систем зважування на базі тензорезисторних датчиків навантаження [16].

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результуючим параметром, що визначає на заключному етапі якість готового корму, є однорідність кормосуміші (комбікорми). Згідно зоотехнічним вимогам однорідність суміші повинна становити не менше 90 - 95%, що повинно забезпечувати застосовується змішувальне обладнання.

Резюмуючи сказане, слід зазначити, що особливості приготування повнораціонних комбікормів в умовах внутрішньогосподарських підприємств, зумовлені специфікою господарства, сформованої сировинної бази, необхідністю обслуговування сільськогосподарських тварин різного видового і вікового складу в умовах неухильного дотримання нормативних вимог до забезпеченості раціонів тварин обмінною енергією, сухою речовиною та іншими поживними речовинами, обумовлюють основний принцип побудови внутрішньогосподарського підприємства - комплектування його технологічних ліній на блочно-модульній основі з технічних засобів, максимальному ступені задовольняють вимогам ресурсозбереження та гарантують необхідну якість виконання основних технологічних операцій і одержуваного при цьому корми. Неабиякою мірою цьому сприяє і наявна технічна база, яка формується як з уже випускається промисловістю, так і розробляється науково-дослідними та іншими організаціями обладнання, яке може бути використане в складі технологічних ліній таких підприємств [17].

1.3 Класифікація існуючих бункерів

Бункер – резервуар, ємність для короткочасного зберігання та подальшого відвантаження рідких і сипких матеріалів [18].

Бункери повинні бути достатньої місткості, гарантувати безпечність завантаження та розвантаження, унеможливити залипання вантажу, сприяти мінімальному подрібненню під час пересипання та зберігання. Випускний отвір бункера закривають затворами та живильниками. За розміром отвір у 3–5 разів більший від максимальної величини грудок

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалу. Місткість бункера може сягати 40–150 м³, продуктивність – 5–12 т/хв.

За призначенням розрізняють технологічні та акумулювальні бункери.

Серед технологічних бункерів виокремлюють [19]:

- приймальні, які використовують для приймання матеріалу під час розвантаження вагонів, скіпів, самоскидів;
- дозувальні, необхідні для регульованого відвантаження, подавання на конвеєр тощо;
- зневоднювальні, які забезпечують дренажне зневоднення продуктів збагачення;
- компенсаційні (демпфувальні), за допомогою яких вирівнюють навантаження на певні технологічні апарати на вихідному живленні;
- відвантажувальні – потрібні для накопичення і подальшого відвантаження продуктів збагачення в залізничні вагони тощо.

Дозувально-акумулювальні бункери об'єднані в систему та призначені для накопичування вихідного матеріалу й дозування його перед технологічним процесом (наприклад, збагаченням корисних копалин).

З огляду на тип установки вирізняють бункери стаціонарні, напівстаціонарні (строк служби зазвичай до 1,5 року) і пересувні.

За матеріалом виготовлення виокремлюють залізобетонні (монолітні, збірні, змішаного типу), металеві, комбіновані бункери.

За конструктивними ознаками, зокрема формою, розрізняють прямокутні, круглі, чарункові, щілинні, коритоподібні бункери.

Відповідно до розташування щодо рівня землі бункери бувають підвісні та заглиблені в ґрунт.

Вирізняють бункери неперервного та циклічного типів.

Як бункери використовують також гірничі виробки.

Бункерами є також пересипні воронки і напівбункери, які мають менші розміри і зазвичай не споряджені затворами та живильниками. Ними послуговуються для збирання й зберігання сипких матеріалів.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Бункер-вагон – рейкова транспортна платформа з ланцюговим конвеєром на дні, якою переміщують гірничу масу під час проведення виробок. Першу конструкцію розроблено 1960 у Швеції. Вантажопідйомність 15–25 т; максимальна швидкість 20 км/год; ширина 1 500 мм; висота навантаження 1 200–1 400 мм [20].

Бункер-живильник – пристрій для рівномірної подачі гірничої маси в транспортні засоби неперервної дії; з'єднує виймально-навантажувальне обладнання циклічної дії з транспортним устаткуванням неперервної дії. Бункер-живильник використовують як частину гірничотранспортного обладнання або приймальної установки для подання сировини на виробництво або в цехи збагачувальної фабрики. Бункер-живильник має два основних вузли – приймальна воронка й живильник під нею. Типи бункерів-живильників: каретний, стрічковий, пластинчастий, вібраційний, скребковий, рольганговий, гвинтовий, барабанний, лопатевий. Бункери-живильники бувають стаціонарними, напівстаціонарними й самохідними.

Бункер-перевантажувач – пересувний підземний механізм для завантаження підземного транспорту гірничою масою. Разом із прохідницьким або очисним комбайном і самохідним вагоном забезпечує підвищення темпів проведення гірничих виробок або камер. Складники: кузов із бортами, дволанцюговий скребковий донний конвеєр. Бункер-перевантажувач оснащують вентилятором для очищення повітря в зоні завантажування кузова. У робочому положенні зчеплений із комбайном і пересувається разом із ним. Гірничу масу від комбайна надходить у кузов бункера-перевантажувача [21].

Бункер підземний – підземна гірничу виробка для короткострокового зберігання (накопичення) корисних копалин або породи. Формують зазвичай поблизу стовбура шахти, що забезпечує рівномірну роботу скіпового підйому. Підземні бункери розташовують також у місцях зміни транспортних засобів для перевезення гірничої маси, наприклад, вагонеткового на конвеєрний і навпаки. Підземні механізовані бункери сприяють підвищенню

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пропускних можливостей, надійності й ефективності використання транспортної системи, дають змогу компенсувати нерівномірність надходження вантажу і відмови тих чи інших машин. Їхнє значення суттєво зростає за умови впровадження конвеєризації.

Бункер-потяг – підземна транспортна колісно-рейкова установка з шарнірно з'єднаних секцій-платформ із високими бортами. Використовують для переміщення гірничої маси з підготовчого (прохідницького) вибою за один цикл його роботи. Бункери-потяги бувають скреперні й конвеєрні. Використання бункерів-потягів, на противагу звичайній техніці шахтного рейкового транспорту, скорочує загальну тривалість перевезення гірничої маси в кілька разів. Бункер-потяг розташовують біля камери зі встановленим перекидачем вагонеток. У нижній частині бункера-потяга розміщують дозувальну камеру з живильником для завантажування скіпа [22].

Акумуловальний бункер використовують для накопичення, зберігання та регульованої видачі матеріалу, наприклад, рядового вугілля або мінеральної сировини перед відправкою їх на збагачення (переробку). Акумулювання гарантує стабільність технологічних процесів. Акумуловальний бункер у вуглезбагаченні – циліндро-конічний або іншої форми резервуар великої місткості – називають силосом.

1.4 Коротка характеристика існуючих бункерів

Стаціонарні бункери зазвичай заповнюються та розвантажуються самопливом. Для виключення утворення застійних зон при закінченні вантажу кут нахилу стінок і днища бункера повинен бути більшим за кут, при якому починається самопливний рух вантажу. Розмір випускного отвору повинен бути в 3–5 разів більший за умовний діаметр зерен сипучого вантажу [23].

Бункери повинні відповідати наступним вимогам: надійність завантаження та розвантаження, відсутність злипання сипучого матеріалу

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

між собою та стінками бункера, мінімальне пошкодження сипучого вантажу.

У разі залипання сипучого вантажу застосовують вібраційні, пневматичні та ланцюгові пристрої.

Матеріалом для виготовлення бункерів є листова сталь, залізобетон та дерево. У деяких випадках використовують дротяну сітку, усередині обтягнуту щільною тканиною.

Металеві бункери досить довговічні при зберіганні сипких вантажів. Вони мають порівняно невелику масу та виробляються на заводах індустріальним методом. Виготовлені стандартні деталі встановлюються на місці збирання. Однак при зберіганні вологих сипких вантажів стінки та днище бункера покриваються корозією, що прискорює знос бункера та збільшує коефіцієнт зовнішнього тертя.

Залізобетонні бункери використовують при зберіганні як сухих, так і вологих вантажів. Вони мають велику довговічність, але вони дорожчі у виготовленні та значно важчі за металеві бункери.

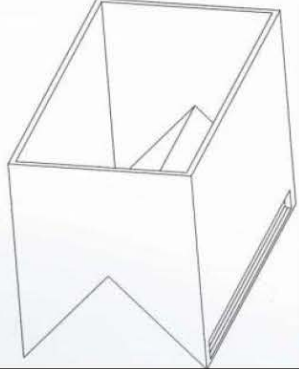

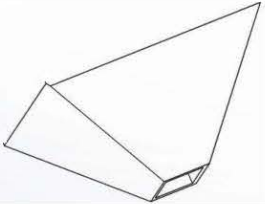
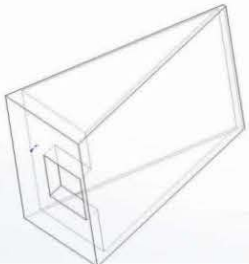

Дерев'яні бункери використовують дуже рідко, вони недовговічні та потребують частого ремонту.

Комбіновані бункери виготовляються із різнорідного матеріалу. Наприклад, зменшення зносу в дерев'яних бункерах на днище укладають сталеві листи чи залізобетонному корпусі встановлюють залізне днище. У таблиці 1.1 представлено класифікацію бункерів.

Таблиця 1.1 – Класифікація бункерів

Бункери		Геометрична форма		Схема
Тип	Група	корпуса	днища	
Круглі	Конічні	Конус	Конус	
	Циліндротчні	Циліндр	Конус	

Продовження табл. 1.1.

Бункери		Геометрична форма		Схема
тип	група	корпуса	днища	
Коритоподібні	Двосхилі трапецеїдальні	Чотирикутна призма	Дві трикутні призми	
	Пірамідальні	Призма	Горизонтальна площина	
Прямокутні	Пірамідальні	Піраміда	Піраміда	
	Комбіновані	Призма	Піраміда	
Коритоподібні	Односхилі трикутні	Трикутна призма		
	Односхилі трапецеїдальні	Чотирикутна призма	Трикутна призма	

Об'єм бункера визначається режимом роботи технологічного процесу, і

навіть обсягом подачі із транспортних засобів. За необхідності підтримки безперервної подачі сипучого вантажу встановлюють додаткові компенсатори.

Випускні отвори роблять різних форм: круглі, прямокутні, квадратні, щілинні, криволінійні. У бункері є затвор, призначений для періодичного дозування сипучого вантажу та регулювання струменя потоку.

Затвори повинні відповідати наступним вимогам: простота та надійність у конструкції та експлуатації, відсутність прокидання сипучого вантажу при закритому затворі, недопущення самовідкриття.

За типом приводу затвори бувають ручні та механічні з дистанційним керуванням. За способом дії затвори поділяють на відсікають струм вантажу і створюють підпір. У бункерах з бічним випускним отвором часто використовують затвори, що відсікають потік вантажу, у вигляді плоскої засувки.

Таке різноманіття бункерних пристроїв обумовлено різними завданнями, які ставить сучасне сільське господарство. Зокрема, незважаючи на простоту конструкції бункерів з бічним випускним отвором, застосування їх буває найрізноманітнішим. Під кожен задачу виробничого процесу потрібне й індивідуальне конструкторське рішення. Тому для підвищення рівномірності вивантаження сипучого матеріалу по всій довжині випускного отвору необхідно знати область застосування подібних бункерів.

1.4 Висновки до розділу

Аналіз робіт, присвячений питанню дослідження рівномірності вивантаження зернового матеріалу з бункера по всій довжині його випускного отвору, дозволив визначити мету і завдання дослідження.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- вивчити стан питання

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Обґрунтування моделі зернового сипучого тіла

Оскільки експериментальний бункер має порівняно невеликі розміри, необхідно було розробити модель подібності для переводу результатів експериментальних досліджень, отриманих з використанням цих шнеків, на шнеки з іншими параметрами.

З метою реалізації цього завдання використаний метод подібності функціонування технічних систем проф. Першина В.А [24].

Вихідний характеристикою експериментального шнека є об'ємна продуктивність Q , функціонально обумовлена розмірами зовнішнього діаметра D , діаметра вала d , кроком навивки спіралі h , частотою обертання $n_{ш}$ і коефіцієнтом бункера k_3 :

$$Q = f(D, d, h, n_{ш}, k_3). \quad (2.1)$$

Використовуючи метод нульових розмірностей залежність (2.1), отримано математичний вираз для визначення критерію подібності функціонування бункера по продуктивності:

$$\pi_Q = \frac{Q}{\Delta d_{ш}^2 h n_{ш} k_3}, \quad (2.2)$$

де $\Delta d_{ш} = D - d$ - різниця діаметрів бункера і його вала.

Результати експериментальних досліджень продуктивності Q і умови експерименту дають можливість за виразом (2.2) розрахувати число подібності функціонування бункера по продуктивності.

Так, при значеннях параметрів експериментального бункера і показників експерименту $Q = 0,004 \text{ м}^3 / \text{хв}$ $D = 0,056 \text{ м}$; $d = 0,035 \text{ м}$; $h = 0,04 \text{ м}$; $k_3 = 0,8$ маємо:

$$\pi_Q = \frac{0,004}{(0,056 - 0,035)^2 \cdot 0,04 \cdot 150 \cdot 0,8} = 1,9. \quad (2.3)$$

Приймаємо припущення, що в процесі експериментальних досліджень

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фізичної моделі бункера були відпрацьовані і обґрунтовані раціональні значення входять у функціональну залежність (2.1) конструктивних і режимних параметрів і коефіцієнта k_s . Приймаємо також умова, що шнеки з іншими параметрами повинні функціонувати подібно експериментально відпрацьованому аналогу, тобто має зберігатися умова подібності їх функціонування [25]:

$$\pi_Q = idem = const = 1,9. \quad (2.4)$$

Типорозміри інших шнеків і їх продуктивність будуть співвідноситися з аналогічними даними по експериментальному шнеку в певних масштабах C_i . Поділивши складові виразу (2.2) для розглянутого і експериментального шнеків, і беручи до уваги умову (2.4), отримаємо індикатор подібності функціонування бункера за продуктивністю:

$$\frac{C_Q}{C_{\Delta d_w} C_h C_{n_w} C_{k_s}} = 1, \quad (2.5)$$

де $C_Q = \frac{Q_p}{Q_s}; C_{\Delta d_w} = \frac{\Delta d_p^2}{\Delta d_s^2}; C_h = \frac{h_p}{h_s}; C_{n_w} = \frac{n_{wp}}{h_{ws}}; C_{k_s} = \frac{k_{sp}}{k_{ss}}$.

Індекси (p) і (s) вказують на приналежність до розглядуваного і експериментального шнеків.

Індикатор (2.5) можна записати у вигляді:

$$C_Q = C_{\Delta d_w} C_h C_{n_w} C_{k_s}.$$

Очевидно, що даний та експериментальний шнеки можуть або відрізнятися за продуктивністю $C_Q = m$, або мати однакову продуктивність $C_Q = 1$ при різних значеннях параметрів конструкції, режиму роботи і коефіцієнта завантаження. Тоді в першому випадку маємо модель (з урахуванням умови (2.5)):

$$\begin{cases} C_Q = C_{\Delta d_w} C_h C_{n_w} C_{k_s}, \\ C_Q = m \end{cases}, \quad (2.7)$$

У другому випадку модель має вигляд:

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{cases} C_{\Delta d_{ш}} C_h C_{n_{ш}} C_{k_s} = 1 \\ C_Q = 1 \end{cases}, \quad (2.8)$$

Таким чином, система залежностей (2.1) - (2.6) описує умову подібності функціонування розглянутого і експериментального шнеків, а система залежностей (2.1) - (2.8) є узагальненою моделлю подібності функціонування по об'ємній продуктивності.

Ця модель може бути використана при вирішенні поставленого завдання (переведення результатів експерименту на інші типорозміри шнеків). Крім цього, модель може бути використана при проектуванні шнеків з різною продуктивністю $C_Q = m$ зі зміненими значеннями конструктивних параметрів і k_s , в межах твору масштабів рівного m , модель (2.7) або з тією ж продуктивністю $Q = 1$ с зміною або постійністю окремих значень параметрів і k_s , але в межах твору їх масштабів рівного 1 (рівняння (2.8)).

Методика вирішення першого завдання: використання результатів і умов експерименту на інші типорозміри шнеків.

Варіант при якому $C_Q = 1$.

1. Встановлюється склад і значення свідомо відомих показників і параметрів, що входять у вираз (2.2). Наприклад, коефіцієнт $\Delta d_{ш}, k_s$ масштаби зміни яких: $C_{k_s} = 1$; $\Delta d_{ш} = 1$.

$$\pi_Q = \frac{Q}{\Delta d_{ш}^2 h n_{ш} k_s}. \quad (2.9)$$

2. Встановлюється умова однозначності по змінному параметру.

Наприклад: $C_p = 2$.

3. З індикатора подібності (2.5) виводиться залежність для шуканого параметра $n_{ш}$:

$$C_{n_{ш}} = \frac{C_Q}{C_{\Delta d_{ш}} C_h C_{k_s}}. \quad (2.10)$$

4. Шляхом підстановки значень масштабів і рішення (2.10),

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлюють значення масштабу $C_{nш} = 0,5$.

5. З урахуванням значень параметрів і показників базового експерименту і встановлених для них масштабів C_i , зміни обчислюють нові значення параметрів бункера, але з колишньою продуктивністю.

Варіант з $C_{Q_v} = m$.

Методика рішення задачі аналогічна розглянутої за умови $C_{k_s} = 1$.
Значення C_{Q_v} приймається будь-яким залежно від поставленого завдання.

Методика вирішення другого завдання: проектування бункера з об'ємною продуктивністю, що відрізняється від продуктивності базового бункера в C_{Q_v} разів, тобто $C_{Q_v} = m$.

В якості базового бункера, в даному випадку, приймається шнек з яких-небудь ознаками, наприклад, високої енерго ефективності. По суті, завдання багатоваріантне, вирішується перебором варіантів з перевіркою ефективності значень показників і параметрів з різними значеннями масштабів.

Спочатку, як і розглянуто раніше, за відомою функціональної залежності, розраховується числове значення критерію подібності. Потім встановлюється (приймається необхідний, наприклад, за технічним завданням) значення вихідної характеристики, наприклад Q_v , і вирішується завдання з використанням залежностей, типу (2.2) і (2.5).

При проектуванні шнеків додатково до рівнянь (2.2) і (2.5) доцільно використовувати подобу залежності (наприклад, масова продуктивність) в якості вихідної характеристики, в якій була б або споживана потужність, або потужність на вихідному валу, або інший параметр. В цьому випадку враховується щільність сипучого або іншого матеріалу, види опорів.

2.2 Висновки по розділу

Для оцінки порівнянності результатів експериментальних досліджень з теоретичними залежностями прийнятий експериментально статистичний підхід з використанням методів математичної статистики і чисельних методів аналізу. Відтворюваність експерименту перевірялася за критерієм Кохрена.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Експериментальне обладнання та прилади для вимірювань

При проведенні експериментальних досліджень були використані такі прилади та обладнання:

- бункер;
- електронний секундомір;
- цифровий фотоапарат;
- сушильна шафа та ексікатор для визначення вологості зернового матеріалу;
- літрова мірна склянка;
- ящик для визначення рівномірності вивантаження сипучого матеріалу вздовж випускного отвору;
- штангенциркуль;
- персональний комп'ютер із пакетом прикладних програм.

Для збільшення точності вимірювання часу закінчення зернового матеріалу з бункера використовувався електронний секундомір, спрацьовування якого розпочиналося в момент відкриття заслінки (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Схема електронного секундоміра: 1 – кінцевий вмикач, 2 – кнопка «stop», 3 – електронний секундомір

Електронний секундомір 3 автоматично вмикався кінцевим вмикачем 1 в момент відкриття заслінки бункера. Після повного випорожнення бункера час фіксувався кнопкою «stop» з наступним занесенням даних до журналу вимірювань.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Для візуальної фіксації процесів, що відбуваються в бункері, використовувався цифровий фотоапарат.

Штангенциркуль використовувався при визначенні розмірів випускного отвору та розмірів зерновок сипучого матеріалу.

Під час проведення дослідів усі результати вимірів заносилися до журналу спостережень із фіксацією умов, за яких проводився експеримент.

Експериментальна установка (рис. 3.2) призначена для вивчення процесу закінчення сипких матеріалів у бункерах з бічним поданням зернового матеріалу.

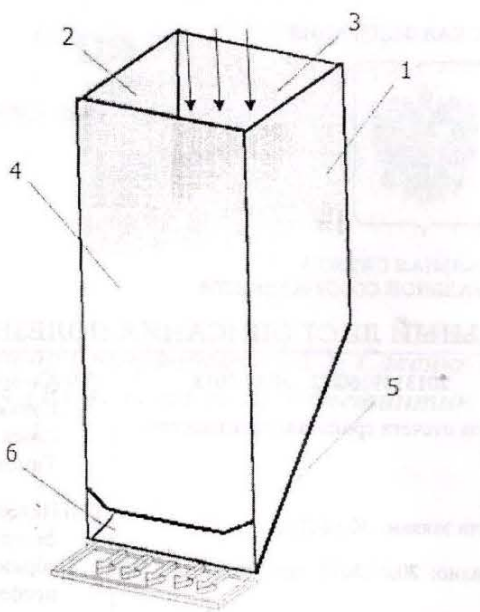


Рисунок 3.2 – Схема експериментальної установки

Методика проведення та обробки експериментальних досліджень була використана з робіт [12-15]. Результати даних експериментів обробляли в пакеті прикладних програм статистичної обробки даних Statistica 8.0, MSExcel.

Установка (див. рис 3.2) являє собою модель бункера, дві бічні стіни якого виконані зі скла (інші зі сталі) для візуального спостереження процесів, що відбуваються в бункері. Фронтальна рухома стінка може фіксуватися на різних висотах бункера щодо його днища. Це необхідно для регулювання площі випускного отвору. Днище закріплене шарнірно із задньою стінкою,

що дозволяє змінювати кут нахилу щодо горизонталі. Під час проведення дослідів встановлювалися такі кути нахилу стінок бункера: 20; 30; 37; 45; 53; 60°.

Установка (вигляд зверху) у своїй конструкції аналогічна попередньої установки, за винятком того, що зі скла виконана одна бічна стінка бункерного пристрою має додаткову можливість змінювати площу випускного отвору за рахунок зміни ширини бічної стінки. має висоту бункера 1 метр, що дозволяє досліджувати вплив висоти насипного шару зернового матеріалу процес вивантаження.

Терези електронні SCARLETT (рисунок 3.3) призначалися для визначення маси зернового матеріалу в одиниці об'єму. Похибка приладу становила 1 грам.



Рисунок 3.3 – Ваги електронні SCARLETT

Для визначення нерівномірності закінчення зернового матеріалу за довжиною випускного отвору було виготовлено приймальний пристрій у вигляді ящика (рисунок 3.4).

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

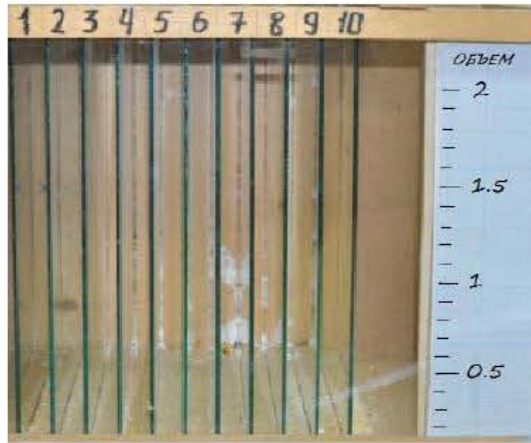


Рисунок 3.4 – Приймальний пристрій

Ящик є ємністю прямокутної форми, розділену на секції, рівного об'єму.

По висоті ящика нанесено шкалу об'єму. Торцева стінка ящика виготовлена зі скла. Після повного випорожнення бункера через скло можна наочно бачити об'ємне вивантаження зернового матеріалу, що приходить на кожну секцію ємності.

Як сипучі матеріали використовувалися: кукурудза, вологістю від 13 до 16% (рисунок 3.5).

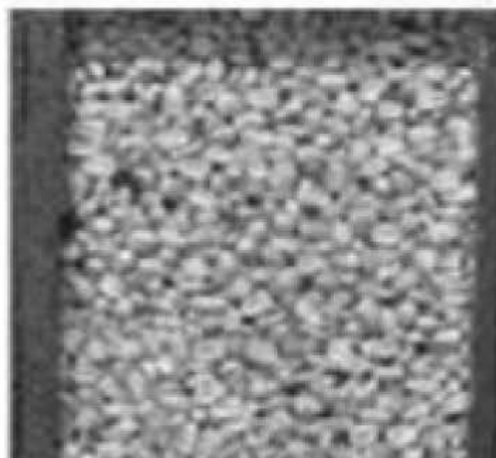


Рисунок 3.5 – Фото матеріалу, що використовувався в дослідях

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

3.2 Методики проведення експериментальних досліджень та обробки експериментальних даних

Під час проведення експериментальних досліджень модельний бункер при закритому випускному отворі засипався зерновий матеріал з певними фізико-механічними властивостями.

Дослідження включали визначення наступних фізико-механічних властивостей зернового матеріалу:

- умовний діаметр зерен;
- вологість зернової культури;
- коефіцієнт зовнішнього тертя зернової маси;
- коефіцієнт внутрішнього тертя зернової маси;
- методика визначення рівномірності вивантаження сипучого матеріалу по всій довжині випускного отвору.

Методика визначення умовного діаметра зерен d . Для визначення умовного діаметра взято 500 зерен кожного зернового матеріалу. Далі за формулою (2.2) визначався умовний діаметр.

Методика визначення рівномірності вивантаження сипучого матеріалу по всій довжині випускного отвору.



Рисунок 3.6 – Тарування бункера при визначенні рівномірності вивантаження сипучого матеріалу: 1 – бічна стінка приймального пристрою; 2 – додаткова вставка; 3 – бічна стінка бункера; 4 – торцева стінка бункера

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Для визначення рівномірності закінчення сипучого матеріалу по всій довжині випускного отвору використовували приймальний пристрій, виготовлений у вигляді скриньки. Додаткова вставка (рис. 3.6), що з'єднує бічні стінки бункерного та приймального пристроїв, забезпечує точність визначення об'ємного вивантаження зернового матеріалу по всій довжині випускного отвору.

Після випорожнення бункера записували до журналу вимірювань результати об'ємного вивантаження сипучого матеріалу кожної секції. Виявляли нерівномірність вивантаження R , %, різних зернових культур крайніх секцій по відношенню до інших секцій за формулою:

$$R = \frac{\left[\left(\frac{\sum_{i=2}^{w-1} V_i}{w-2} \right) - \left[\frac{V_{k1} + V_{k2}}{2} \right] \right]}{\frac{\sum_{i=2}^{w-1} V_i}{w-2}} * 100\% , \quad (3.1)$$

де w - кількість секцій у приймальному пристрої, шт.;

V_{k1} і V_{k2} - об'єм крайніх секціях приймального ящика, м³, відповідно.

3.3 Підготовка проведення лабораторних досліджень

Визначення необхідної кількості повторності досвіду n обчислювалося за формулою [17]:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{(\Delta_{отн} \cdot \bar{X})^2} , \quad (3.2)$$

де t - величина t -критерію Стюдента;

σ^2 - дисперсія генеральної сукупності величини часу закінчення;

$\Delta_{отн}$ - відносна похибка, що задається;

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арх.
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		32

X – середня арифметична величина часу закінчення сипучого матеріалу за результатами попереднього експерименту.

За результатами попереднього експерименту для числа ступенів свободи $n-1=6$ і рівня значимості $\alpha=0,05$; $t = 2,447$. Дисперсія генеральної сукупності величини часу закінчення $\sigma^2=1,66$. Відносна похибка, що задається $\Delta_{\text{отн}}=5\%$. Довірча ймовірність $0,95$. Середня арифметична величина часу закінчення пшениці за результатами пробного експерименту $X= 38,7\text{с}$.

Отже, число повторності досвіду приймаємо $n=3$.

Висновки до розділу

Розроблено, виготовлено та укомплектований необхідними контрольно-вимірною апаратурою експериментальну установку, що забезпечує проведення дослідів.

Для оцінки порівнянності результатів експериментальних досліджень з теоретичними залежностями прийнятий експериментально статистичний підхід з використанням методів математичної статистики і чисельних методів аналізу. Відтворюваність експерименту перевірялася за критерієм Кохрена.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСІДЖЕНЬ

4.1 Вплив фізико-механічних властивостей кукурудзи на процес їх витікання з бункера з випускним отвором

Процес зберігання, транспортування, завантаження та розвантаження безпосередньо залежить від фізико-механічних властивостей насипного сипучого вантажу, від яких, зрештою, залежить вибір конструктивних параметрів ємності. На гравітаційне витікання з бункерів впливає багато факторів: вологість, гранулометричний склад, коефіцієнт тертя, гігроскопічність та багато ін.

Визначимо спочатку властивості сипких матеріалів, які є найбільш значущими і істотно впливають на процес спорожнення бункерного пристрою.

Вологість-відношення маси води, що випарувалася (після просушування) до вихідної маси матеріалу, виражене у відсотках. Кондиційна вологість (14-15,5%) мало впливає закінчення сипких вантажів.

Гранулометричний склад насипного вантажу - це кількісний розподіл часток по крупності (розміру), що визначається ситовим аналізом. У процесі випорожнення ємності при виборі площі випускного отвору важливу роль відіграє відношення висоти випускного отвору умовного діаметра частинок зерен.

Насипна щільність визначається як відношення маси насипного вантажу до займаного ним об'єму. У багатьох пневмо сепаруючих зернових машинах насипна щільність вантажу при подачі його в пневмоканал повинна мати однакове значення по всій ширині. Від рівня рівномірного розподілу щільності сипучого вантажу по ширині пневмоканалу залежить якість очищення.

Кут природного укосу - це кут, утворений горизонтальною площиною та лінією укосу насипного вантажу при вільній його відсипці. Якщо кут природного укосу має мінімальне значення (наприклад, зерно проса), то при

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випорожненні ємності рухливість його частинок максимальна.

Кут зовнішнього тертя - це мінімальний кут нахилу площини, у якому починається вільно скочуватися сипкий вантаж. Відповідно, мінімальний кут нахилу днища в бункерному пристрої повинен бути більшим за кут зовнішнього тертя.

Гранична висота склепіння отвору впливає на вибір мінімальної висоти випускного отвору, при якій починається стійке закінчення сипучого вантажу. Висотою склепіння утворює отвори оцінюють здатність різних сипких матеріалів до закінчення.

Основні фізико-механічні властивості зернових матеріалів представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Основні фізико-механічні властивості дослідного матеріалу

Найменування показника	Кукуруза
Насипна густина, кг/м ³	710...820
Кут природного укосу, град:	
-в спокої	45-50
-в русі	28-30
Коефіцієнт зовнішнього тертя:	
по сталі	0,36..0,58
по дереву	0,30..0,62
по гумі	0,60..0,80
Коефіцієнт внутрішнього тертя	0,53
Швидкість витання, м/с	12...13,5
Коефіцієнт тертя спокою	0,3...0,6
Кут природного укосу, град.	35...38
Умовний діаметр зерна, мм	5.8...8.1

Для проведення експериментів було взято зернові кукурудзи, фізико-механічні властивості якої представлені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Фізико-механічні властивості досліджуваних матеріалів

Зерновий матеріал	Середній діаметр зерен d, мм, мм	Кут зовнішнього тертя, град.ф,	Кут внутрішнього тертя, ψ , град	Кут укладання, β , град	Вологість зернового матеріалу, %	Густина ρ , кг/м ³
Кукурудза	7,5	22,5	18,3	29	15,6	783

Вологість зернових матеріалів визначали за ГОСТ 9353-90. У всіх експериментах вологість повітря була 60%, максимальний обсяг засипки зернових матеріалів – 0,03 м³.

З аналізу табличних даних випливає, що умовний діаметр частинок зерен знаходиться в межах 2-8 мм, тому при дослідженні процесу закінчення зернових матеріалів необхідно враховувати дисперсійні властивості.

4.2 Вплив кута нахилу днища бункера з випускним отвором на процес витікання кукурудзи

Як ми вже писали, у сільськогосподарських бункерах існує три види закінчення, а саме нормальний, гідравлічний та змішаний. Причому останній зустрічається найчастіше з переходом від гідравлічного до нормального вигляду закінчення. Процес закінчення переважно залежить від фізико-механічних властивостей сипучого матеріалу та конструктивних параметрів бункерного пристрою (кута нахилу днища, висоти випускного отвору бункера, його геометричних розмірів тощо). Розглянемо докладніше вплив кута нахилу днища на процес закінчення сипучого матеріалу.

Візуальні спостереження за процесом закінчення зернового матеріалу показали, що зерна пшениці та соняшника, що мають форму у вигляді еліпсоїда, своєю великою віссю орієнтуються паралельно днищу у бік випускного отвору [16].

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Досліджували зерновий матеріал, фізико-механічні властивості якого представлені у таблиці 4.2. Кути нахилу днища бункера до вертикалі приймали значення: 25, 30, 37, 45, 53, 60°. Відносна вологість повітря становила 63%, температура повітря 21-25 ° С. У таблиці 4.3 представлені дані проведених досліджень.

Таблиця 4.3 - Вплив кута нахилу днища бункера на час витікання сипучих матеріалів при об'ємі зернового матеріалу 0,03м³ та площі випускного отвору 0,017 м²

Матеріал	№ дос- ліду	Час витікання					
		При $\theta = 25^\circ$	При $\theta = 30^\circ$	При $\theta = 38^\circ$	При $\theta = 45^\circ$	При $\theta = 56^\circ$	При $\theta = 60^\circ$
Кукуруза	1	16,66	13,25	12,64	12,54	13,54	16,13
	2	16,8	13,39	12,78	12,68	13,68	16,27
	3	16,25	12,84	12,23	12,13	13,13	15,72
ср. знач.		16,57	13,16	12,55	12,45	13,45	16,04
Дисп.		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Дов. інтервал		0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87

З таблиці слідує, що час спорожнення сипучого матеріалу зменшується зі збільшенням кута нахилу днища, досягаючи свого мінімального значення при куті нахилу днища $\theta = 45^\circ$. При подальшому збільшенні θ час закінчення знову збільшується. Це говорить про те, що перехід гідравлічного виду закінчення до нормального супроводжується зменшенням зовнішнього кута тертя (φ) щодо наведеного кута тертя матеріалу ($\varphi_{пр}$). Такий перехід сприяє появі динамічних склепінь, що перешкоджають спорожненню сипучого матеріалу. Також зі збільшенням кута нахилу днища сила тертя зменшується, що сприяє зменшенню ймовірності утворення застійної зони в зоні пару днища і задньої стінки бункера. Це веде до того, що збільшення θ зменшує ймовірність переходу гідравлічного виду витікання нормальний.

При різних кутах цей перехід починається у час. Цьому переходу завжди супроводжує утворення застійної зони сипучого матеріалу в зоні

сполучення задньої стінки бункера та його днища. Кожному куту нахилу днища відповідає свій час цього переходу, який можна побачити з наведених далі графіків.

Залежно від витрати сипучого матеріалу можна будувати висновки про характер та вид витікання (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 - Вплив кута нахилу днища бункера на витрату зернового матеріалу

Сипучий матеріал	№ дослід у	Об'єм зернового матеріалу 0,03 м ³					
		Площа випускного отвору S=0,015 м ²					
		Витрата сипучого матеріалу, м ³ /с*10 ⁻³					
		При $\theta = 25^\circ$	При $\theta = 30^\circ$	При $\theta = 38^\circ$	При $\theta = 45^\circ$	При $\theta = 56^\circ$	При $\theta = 60^\circ$
Кукуруза	1	1,9	2,37	2,48	2,5	2,32	1,96
	2	2,04	2,51	2,62	2,64	2,46	2,1
	3	1,49	1,96	2,07	2,09	1,91	1,55
ср. знач.		16,57	1,81	2,28	2,39	2,41	2,23
Дисп.		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Дов. інтервал		0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87

У процесі закінчення зернового матеріалу з бункера з отвором завжди спостерігається перехід з гідравлічного виду витікання до нормального всіх досліджуваних зернових матеріалів (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Перехід з гідравлічного виду витікання до нормального при $\theta = 45^\circ$

На основі отриманих експериментальних даних побудовано графіки залежностей (рисунки 4.3-4.7)

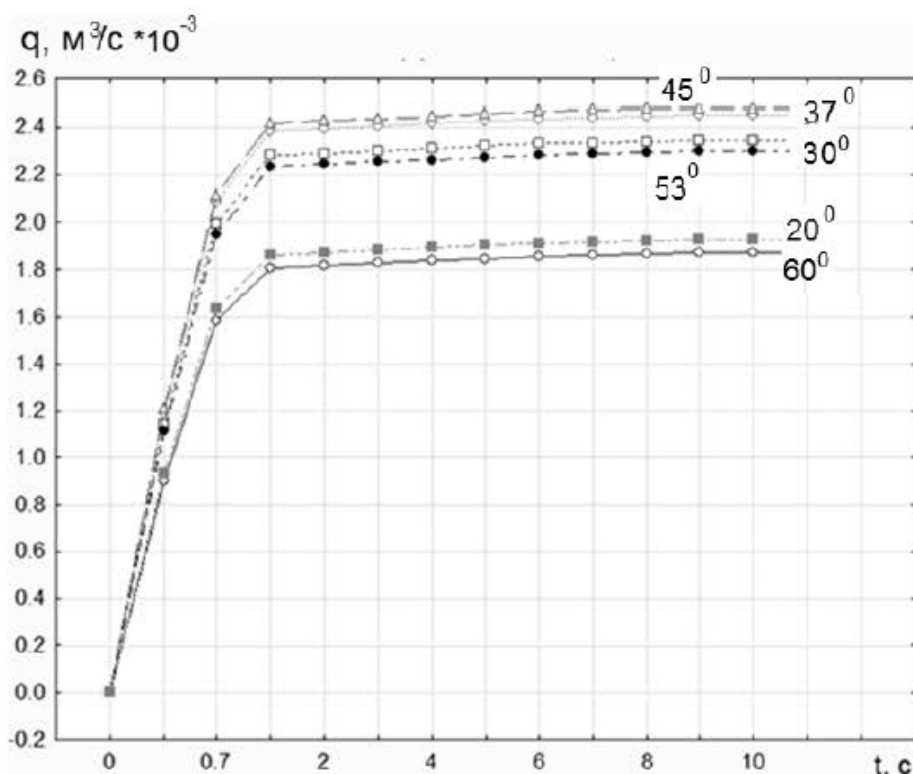


Рисунок 4.3 – Залежність витрати кукурудзи від часу витікання при $V=0,03 \text{ м}^3$, $S_2=0,015 \text{ м}^2$ та різних значеннях кута нахилу днища θ

З графіка (див. рисунок 4.3) видно, що при куті нахилу днища $\theta = 45^\circ$ витрата кукурудзи має максимальне значення. Зі зменшенням чи збільшенням кута нахилу днища він зменшується. Це зумовлено тим, що зі збільшенням кута нахилу днища інерційні сили, що набувають зерна в зоні випускного отвору, перевищують сили тертя, отже, витрата збільшується, досягаючи максимального значення при $\theta = 45^\circ$. Далі із збільшенням перетин потоку зменшується, а ймовірність утворення склепін збільшується. Це призводить до збільшення енергії, що витрачається на руйнування склепін, і, як наслідок, відбувається зменшення масового вивантаження зернового матеріалу. Рекомендований діапазон кута нахилу днища знаходиться в межах $30-50^\circ$.

Найбільш ця тенденція помітна таких зернових культур, як соняшник і

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

кукурудза, розміри зерен яких значно перевищують розміри інших культур. Інакше висловлюючись, при зменшенні збільшується ймовірність утворення склепінь, і процес закінчення починає погіршуватися.

З графіків також видно, що швидкість закінчення має прямо пропорційну залежність від висоти випускного отвору. Це з тим, що з малих h вплив склепінь на процес витікання значний, навіть невелике збільшення висоти випускного отвору веде до різкого збільшення швидкості. За умови $d = 15$ вплив зводів на швидкість закінчення зменшується, і подальше збільшення висоти випускного отвору не призводить до значного зростання швидкості.

Зі збільшенням кута нахилу днища сила тертя зернового матеріалу об днище бункера зменшується, при цьому швидкість витікання зростає, досягаючи свого максимального значення при куті нахилу днища $\theta = 45^\circ$. Проте зі збільшенням θ зменшується мінімальний переріз бункера, при цьому зростає ймовірність свободо утворення, що гальмує процес витікання. Тому подальше збільшення кута нахилу сприяє лише погіршенню процесу витікання (рисунок 4.4).

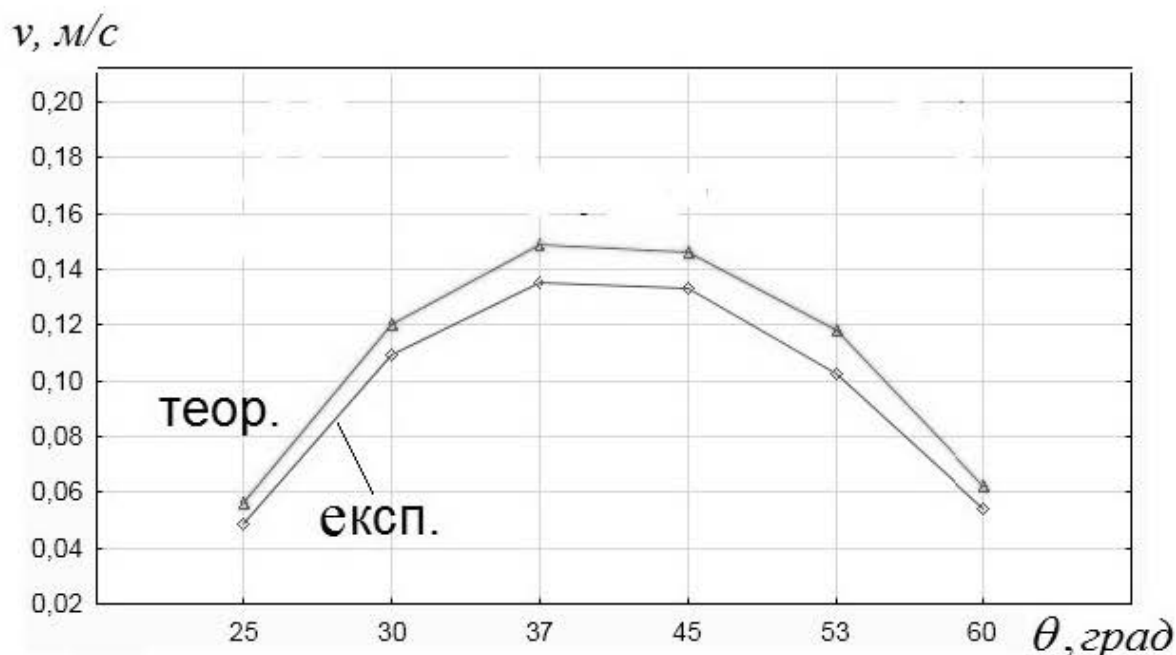


Рисунок 4.4 – Залежність швидкості закінчення зернових культур від кута нахилу днища при $V=0,03 \text{ м}^3$, $S_2=0,015 \text{ м}^2$

З графіка видно, що при збільшенні кута нахилу днища питома робота, що здійснюється на подолання сил зовнішнього тертя при переміщенні зернового матеріалу вздовж задньої та торцевої стінок бункера, зменшується. Це зумовлено тим, що при збільшенні нормальний тиск на стінки бункера залишається постійною величиною, а площа цих стінок зменшується. У зв'язку з тим, що обсяг зернового матеріалу був фіксований, площа взаємодії зернового матеріалу з передньою стінкою бункера зі збільшенням кута нахилу днища збільшувалася, отже, зростала і питома робота, що здійснюється на подолання сил тертя.

Висновки до розділу

Об'ємна витрата зернового матеріалу залежить від способу регулювання площі випускного отвору. Якщо площа випускного отвору регулювати його висотою, то витрата зернового матеріалу в середньому на 16% вище за випадок, коли вона регулюється його довжиною.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Екологічна експертиза

Охорона навколишнього природного середовища і його раціональне використання природних ресурсів являється важливим напрямком в розвитку сільськогосподарської галузі.

В умовах високих темпів науково-технічного прогресу та розбудови держави, вплив діяльності людини на оточуюче природне середовище є дуже великим.

Розвиток різних галузей виробничої діяльності призводить до значних змін ландшафтів, забруднень ґрунтів, річок, повітря, озер, до зменшення площ лісів, поголів'я диких тварин, риби [26].

За останні роки розвинуті країни світу все більше уваги приділяють екологічній політиці. Подібні тенденції спостерігаються і в нашій країні. Протягом останніх років в Україні відбувається формування екологічного законодавства. За даний період прийнято основні нормативно-правові акти, що регулюють всі основні аспекти охорони навколишнього природного середовища та використання природних ресурсів.

До основних причин виникнення екологічної кризи в Україні можна віднести наступні фактори:

- будівництво на Україні великої кількості надпотужних хімічних, металургійних, нафтопереробних і військових промислових комплексів, які не мали захисних установок, які б запобігали забрудненню навколишнього природного середовища;

- вигідне розташування України з її величезними природними багатствами, великою кількістю робочої сили, наявністю розгалуженої мережі транспортних сполучень;

- будівництво величезних тваринницьких комплексів без спорудження відповідних очисних споруд;

- проведення меліоративних робіт при відсутності науково-

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обґрунтованих і високоефективних технологій;

- відсутність екологічної експертизи проектів і планів будівництва промислового комплексу, енергетики, транспорту;

- використання у виробництві високо затратних, застарілих технологій, обладнання, які вже давно потребують зміни;

- відсутність моніторингу та об'єктивної інформації для населення про екологічний стан довкілля, виявлення порушників та відшкодування населенню збитків [27];

- низький рівень екологічної освіти керівників різних рівнів, підприємців, інженерів та спеціалістів, низька екологічна культура та свідомість;

- відсутність ефективно діючих засобів економічної стимуляції заходів зі збереження навколишнього середовища;

- відсутність дійового державного контролю за виконанням державних законів по охороні природи, а також покарання винних за нанесення збитків природі і людині.

З метою збереження і покращення стану оточуючого середовища нашої держави, регулювання суспільних відносин галузі охорони та раціонального використання природних ресурсів Верховною Радою України було прийнято 25 червня 1991 року Закон «Про екологічну експертизу». Він визначає форми власності на природні ресурси, регламентує їх використання, економічне та ефективне природокористування, здійснення екологічної експертизи при наданні ресурсів у користування, передбачає проведення контролю за їх використанням та визначає види відповідальності за порушення вимог природокористування. Відповідно до цього закону розроблені Земельний, Водний, Лісовий кодекси, Кодекс «Про надра», Закони України «Про природно-заповідний фонд України», «Про охорону атмосферного повітря», «Про тваринний світ», «Про екологічну експертизу» та інші [27].

Розглянемо основні заходи по захисту навколишнього середовища при роботі обладнання кормоприготувального цеху КОРК-15А. Під час

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подрібнення зерна та приготування сінного борошна кормодробаркою КДУ-2У, у повітря виділяється велика кількість пилу, борошна та інші дрібні частинки. Тому для зменшення викиду пилу в атмосферу встановлюють пиловловлювачі та сітчасті фільтри в витяжні вентиляційні системи.

При експлуатації парового котла Д-250 на рідкому паливі, виділяється велика кількість вуглекислого газу а також сажі, тому бажано використовувати рідке пальне, яке є також дешевшим.

4.2 Охорона праці

Охорона праці, згідно Закону «Про охорону праці» [28] – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів: засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці. Забезпеченню безпечних умов праці на виробництві приділяється увага з сторони відповідних державних органів.

Закон України «Про охорону праці» враховує основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, на належні безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідальних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Нормальною основою системи управління охорони праці є конституція України, Закон України "Про охорону праці", кодекс законів України про працю, постанови та інші акти Верховної Ради, Укази і розпорядження Кабінету Міністрів України, накази органів, що здійснюють державне управління охороною праці та інші нормативні документи про охорону праці.

Розрахунок контурного заземлення

Розрахунок заземлення зроблений згідно «ДСТУ 7237:2011 - Система

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту » [29].

Для розрахунку контурного заземлення приймаємо наступні дані:

- довжина заземлюючого стержня $l=2$ м;
- діаметр вертикальних заземлителів $d_g=0,05$ м;
- ширина смуги горизонтального заземлителя $h_g=0,06$ м;
- глибина заставляння вертикального заземлителя $h_g=0,7$ м.

Розрахунок розпочинаємо з визначення питомого опору ґрунту. Для суглинку $\rho=100$ Ом/м³.

Згідно ДСТУ 7237:2011 вибираємо допустимий опір заземлюючого обладнання R_o .

Визначаємо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлителя за формулою [28]:

$$t = h_g + \frac{l_g}{2}, \quad (5.1)$$

$$t = 0,7 + \frac{2}{2} = 1,7 \text{ м.}$$

Визначаємо опір протіканню струму для поодинокого поглибленого вертикального заземлителя

$$R_{в.з.} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_g} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_g}{d_g} + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4t + l_g}{4t - l_g} \right) \right), \quad (5.2)$$

$$R_{в.з.} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) \right) = 36,7 \text{ Ом.}$$

Визначаємо число вертикальних заземлителів без урахування коефіцієнта екранування

$$n = \frac{R_{в.з.}}{R_o}, \quad (5.3)$$

$$n = \frac{36,7}{5} = 7,34 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n=8$.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо необхідну кількість вертикальних заземлителів з урахуванням коефіцієнта екранування:

$$n_v = \frac{R_{в.з.}}{n \cdot Q_v}, \quad (5.4)$$

де Q_v - коефіцієнт екранування; для вертикальних заземлителів $Q_v=0,61$;

$$n_v = \frac{36,7}{8 \cdot 0,61} = 7,5 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_v=8$.

Визначимо розрахунковий опір для усіх вертикальних заземлителів з урахуванням коефіцієнта екранування

$$R_v = \frac{R_{в.з.}}{n_v \cdot Q_v}, \quad (5.5)$$

$$R_v = \frac{36,7}{8 \cdot 0,61} = 7,52 \text{ Ом.}$$

Визначимо довжину горизонтальних з'єднань при контурному заземленні $l = P_{буд} = 132$ м, де $P_{буд}$ - периметр будівлі, м.

Визначимо опір розтіканню струму в горизонтальному заземлителі з урахуванням коефіцієнта екранування за формулою:

$$R_\Gamma = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot Q_z} \cdot \ln \frac{2 \cdot v_z}{h_z \cdot h_v}, \quad (5.6)$$

де Q_z - коефіцієнт екранування; для горизонтальних заземлителів, $Q_z=0,4$.

$$R_\Gamma = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 132 \cdot 0,4} \cdot \ln \frac{2 \cdot 132^2}{0,06 \cdot 0,7} = 7,2 \text{ Ом.}$$

Визначаємо загальний розрахунковий опір розтіканню струму в заземленому контурі

$$R_n = \frac{R_v \cdot R_\Gamma}{R_v + R_\Gamma}, \quad (5.7)$$

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_n = \frac{7,52 \cdot 7,2}{7,52 + 7,2} = 3,7 \text{ Ом.}$$

Умова $R_n < R_0$ виконана, оскільки $3,7 < 4 \text{ Ом}$.

4.3 Техніко-економічне обґрунтування досліджень

При розрахунку економічної ефективності результатів дослідження в якості базового варіанту прийнятий бункер кормів типу УСК. Бункер вертикального виконання, двошнековий, місткістю бункера $2,0 \text{ м}^3$. Він складається з двох змішувальних камер: внутрішньої циліндричної і зовнішньої циліндрично-конічної. Вгорі циліндричної частини зовнішньої камери встановлений привід вертикальних шнеків. У нижній, конічній частини камери, розташоване завантажувальне вікно бункера, яке оснащено електромеханічної засувкою. У внутрішній камері змішування встановлені два вертикальних шнека, що обертаються з різними швидкостями. Це створює диференціальну змішуючу дію між спіральними потоками кормів, завдяки чому змішування матеріалів йде в двох напрямках одночасно, що істотно інтенсифікує процес.

Запропонований варіант бункера, розроблений нами, також має дві камери змішування: внутрішню циліндричну і зовнішню циліндрично-конічну. Головна відмінність від базового варіанту полягає в тому, що у внутрішній камері встановлено один вертикальний шнек, а на внутрішній поверхні кожуха, що охоплює шнек, закріплена двухзахідна реборда, встановлена під прямим кутом до спіралі шнека. Крім того, на верхньому торці кожуха шнека встановлений конічний розсіювач зі змінним радіусом. Ці інновації в конструкції запропонованого варіанту бункера забезпечують, як показують результати виконаних досліджень, якісне змішування кормів за необхідний час.

Завдяки тому, що в запропонованому бункері встановлений один вертикальний шнек, істотно зменшується необхідна потужність

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електродвигуна, зменшуються габаритні розміри і маса бункера в порівнянні з базовим варіантом. При більш високій продуктивності в порівнянні з базовим варіантом запропонований бункер має меншу потужність приводу і меншу вартість, а отже, менший розмір амортизаційних відрахувань.

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку техніко-економічної оцінки

№	Показники	Базовий варіант	Запропонований варіант
1	Продуктивність при періодичному змішуванні, т/год	4,0	4,1
2	Тривалість змішування, хв	4	4
3	Однорідність змішування, %	93	93
4	Об'єм бункера, м ³	2,0	2,0
5	Потужність електроприводу, кВт	8,1	4,1
6	Кількість робочих днів у році	250	244
7	Кількість змін на добу	1	1
8	Тривалість зміни при п'ятиденному робочому тижні, годин	8	8
9	Коефіцієнт використання часу-зміни	0,8	0,8
10	Ціна бункера, тис. грн.	293	235
11	Маса, кг	1200	900

Ефективність від впровадження запропонованого бункера можна оцінити за допомогою чистого приведеного (дисконтованого) доходу (ЧДД), який являє різницю між доходами Π , отриманими за термін експлуатації бункера і інвестиціями, які визначаються ціною запропонованого бункера C_{np} [30-31]:

$$ЧДД = \sum_{i=1}^T \frac{\Pi}{(1+r)^i} - C_{np}, \quad (5.8)$$

де T - горизонт розрахунку;

r - рівень інфляції;

t - крок розрахунку.

За крок розрахунку прийнятий один календарний рік, за горизонт розрахунку - п'ять років, індекс інфляції в 2019 році не перевищує 5,5% [31].

Результати, одержані на кроці розрахунку при впровадженні запропонованого варіанту бункера кормів, можна визначити за формулою:

$$\Pi = E_{ек.ел} + E_{ам.від} + D_{дох} \quad (5.9)$$

де $E_{ек.ел}$ - економія коштів по електроенергії;

$E_{ам.від}$ - економія коштів по амортизаційних відрахуваннях;

$D_{дох}$ - дохід від реалізації додаткової продукції, яка утворюється за рахунок більш високої продуктивності запропонованого бункера.

Витрата коштів на електроенергію:

$$P_{ел} = N_{р.дн} n_{зм} t_{зм} k_{е.зм} N_{дв} Ц_{ел} \quad (5.10)$$

де $N_{р.дн}$ - число робочих днів у році;

$n_{зм}$ - число змін;

$t_{зм}$ - тривалість зміни;

$k_{е.зм}$ - коефіцієнт використання часу зміни;

$N_{дв}$ - встановлена потужність електродвигуна;

$Ц_{ел}$ - ціна 1 кВт·год електроенергії.

Витрата коштів за електроенергію за перший рік експлуатації:

за базовим варіантом:

$$P_{ел.б} = 250 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 8,1 \cdot 5,2 = 67,39 \text{ тис. грн}$$

за пропонованому варіанту:

$$P_{ел.пр} = 250 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 4,1 \cdot 5,2 = 34,11 \text{ тис. грн}$$

Економія коштів за електроенергію за перший рік експлуатації:

$$E_{ек.ел} = 67,39 - 34,11 = 33,28 \text{ тис. грн.}$$

З урахуванням щорічного зростання тарифів на електроенергію в

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розмірі 6% отримаємо:

за другий рік експлуатації

$$P_{ел.б2} = 67,39 \cdot 1,06 = 71,99 \text{ тис. грн}$$

$$P_{ел.пр2} = 34,11 \cdot 1,06 = 36,16 \text{ тис. грн.}$$

$$E_{ек.ел2} = 71,99 - 36,16 = 35,84 \text{ тис. грн}$$

за третій рік експлуатації

$$P_{ел.б3} = 71,99 \cdot 1,06 = 76,32 \text{ тис. грн}$$

$$P_{ел.пр3} = 36,16 \cdot 1,06 = 38,33 \text{ тис. грн.}$$

$$E_{ек.ел3} = 76,32 - 38,33 = 37,99 \text{ тис. грн}$$

Економія коштів на амортизаційні відрахування за один рік експлуатації запропонованого бункера складе:

$$E_{ам.від} = \frac{Ц_B - Ц_{пр}}{N_{р.е}}, \quad (5.11)$$

де $Ц_B$ - ціна базового бункера;

$Ц_{пр}$ - ціна запропонованого бункера;

$N_{р.е}$ - число років експлуатації запропонованого бункера (горизонт розрахунку).

$$E_{ам.від} = \frac{293 - 235}{3} = 19,3 \text{ тис. грн}$$

Дохід від реалізації додаткової продукції:

$$D_{дод} = N_{р.дн} n_{зм} t_{зм} k_{е.зм} \Delta Q Ц_k, \quad (5.12)$$

де ΔQ - різниця між продуктивністю пропонованого бункера і продуктивністю базового варіанту;

$Ц_k$ - оптова ціна 1 тони комбікорму.

$$D_{дод} = 250 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 0,1 \cdot 4,8 = 768 \text{ тис. грн}$$

Тоді прибуток Π (досягається результат) складе:

за перший рік експлуатації

$$\Pi_1 = 33,28 + 11,6 + 768 = 812,88 \text{ тис. грн}$$

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за другий рік експлуатації

$$P_2 = 35,84 + 11,6 + 768 = 815,44 \text{ тис. грн}$$

за третій рік експлуатації

$$P_2 = 37,99 + 11,6 + 768 = 817,59 \text{ тис. грн}$$

Визначимо щорічний дохід з урахуванням рівня інфляції за виразом:

$$P_i = \frac{P}{(1+r)^t}. \quad (5.13)$$

Ці доходи складуть:

за перший рік експлуатації становить:

$$P_{i1} = 812,98/1,055 = 765,52 \text{ тис. грн}$$

за другий рік експлуатації становить:

$$P_{i2} = 815,44/1,11 = 721,63 \text{ тис. грн}$$

за третій рік експлуатації становить:

$$P_{i2} = 817,59/1,165 = 681,32 \text{ тис. грн}$$

Визначимо чистий дисконтний дохід за час експлуатації запропонованого бункера протягом трьох років становить:

$$ЧЧД = 765,52 + 721,63 + 681,32 - 235 = 1934 \text{ тис. грн}$$

З виконаного аналізу випливає, що використання запропонованого бункера кормів економічно доцільно, а капітальні витрати окупаються менше, ніж за один рік.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Загальні висновки

На основі аналізу виконаних досліджень можна зробити наступні висновки:

Встановлено, що зі збільшенням висоти випускного отвору вплив склепінь на процес витікання сипучого матеріалу зменшується за експоненціальним законом, при цьому швидкість витікання досягає свого максимального значення при куті нахилу днища $\theta = 45^\circ$.

Об'ємна витрата зернового матеріалу залежить від способу регулювання площі випускного отвору. Якщо площа випускного отвору регулювати його висотою, то витрата зернового матеріалу в середньому на 16% вище за випадок, коли вона регулюється його довжиною.

Аналіз регресійної моделі дозволив встановити, що основними факторами, що впливають на рівномірне вивантаження зернового матеріалу за шириною випускного отвору, є кут нахилу та висота випускного отвору. Причому оптимальний кут нахилу днища, при якому нерівномірність вивантаження має мінімальне значення, дорівнює 45 градусів. У разі збільшення висоти випускного отвору нерівномірність витікання зростає.

За F-критерієм Фішера підтверджено адекватність запропонованої теоретичної залежності швидкості витікання зернового матеріалу від його фізико-механічних властивостей та конструктивних параметрів бункера.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список джерел посилання

1. Мухопад М. Д. Транспортні машини. Харків : Основа, 1993. 192 с.
2. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / За ред. В. С. Білецького. Донецьк : Східний видавничий дім, 2004–2013.
3. Bischoff W., Bramann H. Bochum: Das kleine Bergbaulexikon. Essen : VGE-Verlag, 2012. 393 p.
4. Стаценко В. В., Біла Т. Я., Бурмістенков О. П. Аналіз руху сипкого матеріалу на виході бункерів // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки*. 2018. № 4. С. 85–95.
5. Годівля високопродуктивних корів / В.І. Гноєвий, В.О. Головка, О.К. Трішин, І.В. Гноєвий. Харків : Прапор, 2009. – 368 с.
6. Костенко В. І., Заболотько О. О., Хмельовський В. С. Ефективність використання комбінованих транспортно-технологічних засобів для годівлі ВРХ. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. Київ. 2015. Вип. 212/2. С. 115- 122.
7. Окопний О.М. Відродження тваринництва в Україні та напрями його розвитку. *Економіка АПК*. 2003. № 5 С.8-14.
8. Кравчук В. І., Луценко М. М., Мечта В. П. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів : [науково-практичний посібник]. Київ : Фенікс, 2008. 104 с.
9. Кукта Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов. Москва : Агропромиздат, 1987, 303 с.
10. Кулик М.Ф. Грубые корма и их использование. Киев : Урожай, 1978. 119 с.
11. Науменко О.А. Машины та обладнання для тваринництва. Харків : ЧП Червяк, 2006. 225 с.
12. Ревенко І.І., Кукта Г.М. Механізація виробництва продукції тваринництва. Київ : Урожай, 1994. 264 с.
13. Ревенко І. І. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві. Київ : Урожай, 1995. 635 с.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Дерев`янко Д. А. Вплив технічних засобів та технологічних процесів на травмування і якість насіння: монографія. Житомир : Полісся, 2015. 772 с.
15. Ревенко І.І., Брагінець М.В. Машини та обладнання для тваринництва : підручник. Київ : Конкор, 2009. 731 с.
16. Носов М.С. Механізація робіт на тваринницьких фермах : навч. посібник. Київ : Вища школа, 1994. 367с.
17. Соколов А. Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. Киев : «Колос», 1967.
18. Сушков П. Ф. Кормодробилки: теория, конструкция и производство с.-х. машин. Киев, 1986. 256 с.
19. Чазов С.А. Травмирование семян и пути снижения при механизированной обработке, обмолоте, сортировании. Украинские нивы, 1981. №8. С. 41-43.
20. Грабар І.Г., Водяницький Г.П. Технологія та теорія наукових досліджень. Житомир : ЖНАЕУ, 2014. 280 с.
21. Єгоров Б.В. Технологія виробництва комбикормів. Одеса : Друкарський дім, 2011. 448 с.
22. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процес сов. Киев : Колос, 1980. 168 с.
23. Леонтьев П.И. Использование измельченных семян рапса в кормлении коров. Уральские нивы, 1988. № 10. С. 47–49.
24. Новиков Г.И. Комплексная механизация в промышленном свиноводстве. Москва : Колос, 1973.
25. Омельченко А.А., Куцын Л.М. Кормораздающие устройства. Москва : Машиностроение, 1971. 207 с.
26. Омельченко О.О., Ткач В.Д. Довідник з механізації тваринницьких і птахівничих ферм та комплексів. Київ : Урожай, 1982. 270 с.
27. Ревенко І.І. Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва. Київ : Урожай, 1994. 228с.
28. Потапов Г.П. Транспортеры в животноводстве. Харьков : Агропромиздат, 1987. 95 с.
29. Бойко І.Г., Грідасов В.І. Практикум по машинах і обладнанню для

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- тваринництва Харків : НМЦ ХНТУСГ, 2004. 275 с.
30. Сиротюк В.М. Машини та обладнання для тваринництва : навчальний посібник. Львів : «Магнолія плюс», 2004. 200 с.
 31. Грідасов В.І., Дзюба А.І. Теорія та розрахунок машин для тваринництва. Харків : НМЦ ХНТУСГ, 2002. 216с.
 32. Троянов М.М. Механізація технологічних процесів у тваринництві. Харків : Прапор, 1993. 140 с.
 33. Шабельник Б.П., Троянов М.М. Теорія та розрахунок машин для тваринництва. Харків : Прапор, 2002. 216 с.
 34. Сергеев Н.С. Определение максимальной производительности измельчителя фуражного зерна дисмембраторного типа : сб. тр. Кабард.-Балк. ГСХА. Нальчик, 1995. С. 108-111.
 35. Закон України « Про економічну експертизу» відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, №8, ст. 54.
 36. Головка В.О. Сільськогосподарська екологія: навчальний посібник для студентів вузів/ В.О. Головка. Харків: Ескада, 2009. 617 с.
 37. Охорона праці в галузі – Збірник схем, термінів, довідкових даних, розрахунків та тестів. Полтава: ПДАА, 2005. 118 с.
 38. Одарченко М.С., Степанов В.І. Основи охорони праці : підручник. Харків : Издат, 2017. Кулішов В. В. Економіка підприємства: теорія і практика: навч. посіб. / В. В. Кулішов. К. : Ніка-Центр, 2002. 216 с.
 39. Безпека людини у сучасних умовах: Монографія / В.В. Березуцький, Н.Л. Березуцька, А.О. Богодист та ін.; За заг. ред. проф. В.В. Березуцького. Харків: ФОП Мезіна В.В., 2018. 208 с.
 40. ДСТУ 4397:2005 «Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування».
 41. Кулішов В. В. Економіка підприємства: теорія і практика: навч. посіб. / В. В. Кулішов. Київ : Ніка-Центр, 2002. 216 с.

					КРМ.133ГМмд_21.15.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		