

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
«магістр»

на тему: «Удосконалення дозатора вітамінних сумішей при виробництві
комбікормів для тваринництва»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 133 Галузеве
машинобудування
ступеня вищої освіти «магістр» групи 4
Сокоренко Олександр Анатолійович

Керівник: Семенов А.О.

Рецензент: Арендаренко В.М.

Полтава – 2024 року

ВСТУП

У сучасному світі, де ефективність аграрного сектору є критичним чинником економічного розвитку, забезпечення високої якості кормів для тваринництва набуває особливого значення. Тваринництво є однією з провідних галузей сільського господарства, і його продуктивність значною мірою залежить від якості комбікормів. Важливим етапом виробництва комбікормів є дозування вітамінних сумішей, що забезпечує оптимальний баланс поживних речовин для задоволення фізіологічних потреб тварин [1].

Точність дозування є ключовим фактором, оскільки навіть незначні відхилення у пропорціях вітамінів можуть вплинути на здоров'я тварин, їх ріст та продуктивність. Тому розробка та впровадження удосконалених систем дозування є не лише технічною, а й економічною необхідністю. У цьому контексті дозатори відіграють важливу роль, оскільки вони дозволяють автоматизувати процес подачі вітамінних сумішей та забезпечити точне дотримання рецептури комбікорму [2].

Дозування рідких продуктів, включаючи вітамінні суміші, здійснюється кількома основними методами: за об'ємом, рівнем та вагою. Незалежно від конструкції дозатора, до його основних елементів належать клапани (відсічний і зливний) та мірна ємність із регульованим об'ємом. Кожен із методів має свої переваги та обмеження, що обумовлює необхідність їх адаптації до конкретних виробничих умов. Проблеми, пов'язані з нерівномірністю дозування, втратами продукту, утворенням піни та недостатньою автоматизацією процесів, залишаються актуальними для галузі.

Сучасні вимоги до технологій у тваринництві ставлять нові виклики перед виробниками обладнання для дозування. Необхідно забезпечити не лише точність і надійність, але й адаптацію до різних типів вітамінних сумішей, їх фізичних властивостей, а також до вимог екологічної безпеки. Крім того, важливим аспектом є інтеграція дозаторів у загальну систему автоматизації виробничого процесу.

Вдосконалення дозаторів для вітамінних сумішей також має значення для зниження витрат у виробництві. Ефективні дозатори сприяють мінімізації витрат сировини, скороченню часу на виконання виробничих операцій, що в кінцевому результаті знижує собівартість продукції. Окрім того, такі дозатори можуть забезпечити стабільну якість комбікормів, що є ключовим для конкурентоспроможності продукції на внутрішньому і міжнародному ринках.

У цьому контексті, магістерська робота присвячена розробці та вдосконаленню дозатора вітамінних сумішей, що використовується у виробництві комбікормів для тваринництва. Основними завданнями є аналіз існуючих конструкцій дозаторів, визначення їх недоліків, розробка нових технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності процесу дозування, а також перевірка розроблених рішень у реальних виробничих умовах. Робота має на меті сприяти підвищенню продуктивності та конкурентоспроможності вітчизняних підприємств аграрного сектору.

Об'єкт розробки - технологічний процес дозування вітамінних сумішей у виробництві комбікормів для тваринництва.

Предмет розробки - конструкція та принцип роботи дозатора для точного введення вітамінних сумішей у комбікорми.

Мета кваліфікаційної роботи магістра. Розробка та вдосконалення конструкції дозатора вітамінних сумішей, який забезпечить точність дозування, підвищить ефективність виробничого процесу та мінімізує втрати сировини.

Методика досліджень. Аналіз існуючих конструкцій дозаторів та їх недоліків. Розробку вдосконаленої моделі дозатора з використанням сучасних інженерних підходів та програмного забезпечення для моделювання. Проведення експериментальних досліджень з метою перевірки ефективності нової конструкції. Аналіз отриманих результатів для визначення рівня досягнення поставлених цілей.

Практична значимість та реалізація досліджень. Практична значимість роботи полягає в розробці конструкції дозатора, яка дозволяє

забезпечити: точне введення вітамінних сумішей у комбікорми, скорочення втрат сировини, підвищення продуктивності виробничого процесу, забезпечення стабільної якості готової продукції.

Результати досліджень можуть бути впроваджені на підприємствах комбікормової галузі, що дозволить зменшити виробничі витрати, покращити якість комбікормів та підвищити конкурентоспроможність продукції на ринку.

1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз сучасного стану технологій дозування вітамінних сумішей у виробництві комбікормів

Дозування вітамінних сумішей є одним із критичних етапів у виробництві комбікормів для тваринництва. Якість дозування впливає не лише на кінцеву якість корму, але й на ефективність його використання у тваринницьких господарствах. На сьогодні існують різні методи дозування, які поділяються на три основні групи: об'ємне, вагове та дозування за рівнем [1].

Об'ємне дозування передбачає використання мірних ємностей із заданим об'ємом для подачі рідини. Цей метод є поширеним завдяки простоті конструкції дозаторів, але може мати похибки через залежність від в'язкості рідини, температури та тиску.

Вагове дозування базується на зважуванні заданої кількості вітамінної суміші перед подачею. Воно забезпечує високу точність, але вимагає більш складного обладнання та регулярного калібрування [3].

Дозування за рівнем найчастіше використовується для рідких компонентів і базується на контролі висоти рідини в тарі або мірній ємності. Однак цей метод вимагає однотипної тари для збереження точності.

Розвиток технологій дозування нерозривно пов'язаний із впровадженням сучасних матеріалів, вдосконаленням конструкції дозаторів та автоматизацією процесів. В останні роки зростає інтерес до впровадження систем автоматичного управління, які дозволяють мінімізувати людський фактор і забезпечити стабільність виробничих параметрів.

Важливим аспектом є екологічність процесу дозування. Використання автоматизованих дозаторів зменшує втрати компонентів та забруднення навколишнього середовища. Однак, незважаючи на досягнення у цій сфері, залишаються актуальними проблеми адаптації дозаторів до роботи з різними

типами вітамінних сумішей, зокрема тих, що мають високу в'язкість або схильність до розшарування [3].

Напрямки вдосконалення технологій дозування

Аналіз сучасних технологій дозування вказує на ряд проблем, які потребують вирішення [4]:

1. Підвищення точності дозування. Важливим завданням є зменшення похибок, спричинених зміною фізико-хімічних властивостей вітамінних сумішей (в'язкість, густина тощо). Для цього необхідно вдосконалювати системи контролю параметрів рідини та розробляти адаптивні алгоритми управління.

2. Зменшення втрат сировини. Розробка конструкцій, які запобігають розпліскуванню рідини під час транспортування й фасування, дозволить знизити втрати і збільшити економічну ефективність процесу.

3. Інтенсифікація виробничого процесу. Інтеграція сучасних автоматизованих систем управління забезпечить підвищення продуктивності, зменшення часу циклу дозування та мінімізацію простоїв обладнання.

4. Універсальність дозаторів. Сучасні вимоги передбачають розробку обладнання, яке б могло працювати з різними видами рідин без необхідності значних налаштувань або модернізації.

5. Екологічна безпека. Удосконалення систем утилізації та повторного використання залишків компонентів сприятиме зменшенню впливу на довкілля.

З урахуванням цих завдань, перспективними напрямками досліджень є:

- розробка нових конструкцій дозаторів з використанням сучасних матеріалів і технологій;
- створення інтелектуальних систем управління на основі алгоритмів машинного навчання;
- впровадження сенсорних технологій для моніторингу параметрів рідин у реальному часі;

- оптимізація конструкції для зменшення енерговитрат і підвищення довговічності обладнання.

Ці напрями досліджень дозволять не лише вирішити існуючі проблеми, але й створити обладнання, яке відповідатиме вимогам сучасного виробництва комбікормів та забезпечить високу якість кінцевої продукції.

Результати роботи матимуть практичне значення для підприємств тваринницької галузі та сприятимуть підвищенню їх конкурентоспроможності на ринку.

1.2. Вплив точності дозування на якість комбікормів

Точність дозування відіграє вирішальну роль у забезпеченні високої якості комбікормів, які є основою раціону сільськогосподарських тварин. Відповідне співвідношення компонентів у комбікормах має забезпечити [3]:

- збалансоване постачання поживних речовин,
- максимальну засвоюваність,
- оптимальний ріст і продуктивність тварин,
- мінімізацію відходів і негативного впливу на здоров'я тварин.

Вплив точного дозування на хімічний склад комбікормів передбачає дотримання точного дозування забезпечує необхідну концентрацію вітамінів, мінералів, білків, жирів і вуглеводів у готовому кормі. Навіть невеликі відхилення у пропорціях можуть призвести до: дефіциту поживних речовин, що спричиняє порушення обміну речовин, уповільнення росту і зниження продуктивності тварин; надмірного введення компонентів, яке може викликати токсичність, збільшити витрати сировини та вплинути на рентабельність виробництва.

Точне дозування сприяє зниженню ризиків забруднення комбікормів, пов'язаних із надлишком деяких речовин, зокрема антибіотиків або добавок. Це важливо для забезпечення безпеки харчових продуктів тваринного походження та зниження впливу на навколишнє середовище.

Належний контроль дозування дозволяє уникнути надмірного використання дорогих компонентів, таких як вітаміни й мінерали. Це сприяє оптимізації витрат на виробництво комбікормів. Водночас мінімізація втрат сировини забезпечує стабільну якість продукції та підвищує її конкурентоспроможність на ринку [4].

Рівномірний розподіл компонентів у складі комбікорму, досягнутий завдяки точному дозуванню, сприяє їх кращій засвоюваності. Це дозволяє підвищити ефективність використання кормів, що є важливим чинником для зменшення витрат на утримання тварин.

Використання сучасних автоматизованих систем дозволяє знизити вплив людського фактору на процес дозування [5]. Такі системи забезпечують:

- постійний моніторинг параметрів дозування в реальному часі;
- швидке виявлення та корекцію відхилень;
- підвищення продуктивності процесу.

Неточне дозування може призвести до таких негативних наслідків:

- зниження якості корму через дисбаланс поживних речовин;
- втрата ефективності корму;
- погіршення здоров'я тварин, що вимагає додаткових витрат на лікування;
- економічні збитки через перевитрати сировини або нестачу компонентів;

Точність дозування є основою якісного виробництва комбікормів. Її забезпечення дозволяє досягти оптимального балансу поживних речовин у раціоні тварин, підвищити ефективність виробництва, знизити витрати та забезпечити конкурентоспроможність продукції. Впровадження сучасних дозаторів із високим рівнем автоматизації є необхідною умовою для досягнення цих цілей у тваринницькій галузі [6].

Висновки до розділу 1

Аналіз сучасного стану технологій дозування вітамінних сумішей показав, що точність дозування є критичним чинником у забезпеченні якості комбікормів для тваринництва. Сучасні методи дозування, такі як об'ємне, вагове та дозування за рівнем, мають свої переваги та недоліки, які обумовлюють необхідність їх вдосконалення.

Встановлено, що використання автоматизованих систем дозування дозволяє зменшити похибки, пов'язані з фізико-хімічними властивостями сировини, мінімізувати вплив людського фактору та забезпечити стабільну якість комбікормів.

Виявлено, що основними проблемами існуючих систем дозування є: нерівномірність подачі компонентів; втрата частини сировини під час транспортування та фасування; складність адаптації до різних типів вітамінних сумішей.

Обґрунтовано необхідність вдосконалення дозаторів для вирішення зазначених проблем. Серед перспективних напрямків виділено впровадження адаптивних систем управління, використання сучасних матеріалів і технологій, а також створення універсальних конструкцій, що відповідають вимогам сучасного виробництва.

Розробка інноваційних рішень для дозування вітамінних сумішей сприятиме підвищенню ефективності виробництва комбікормів, забезпеченню стабільної якості продукції та конкурентоспроможності підприємств тваринницької галузі.

Таким чином, визначені завдання та напрями досліджень у цій роботі є актуальними і спрямовані на вирішення важливих технічних та економічних проблем комбікормового виробництва.

2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ДОЗАТОРІВ ТА РОЗЛИВНИХ МАШИН З ДОЗУЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ

2.1 Дозатори та їх особливості

Дозатор – це пристрій, призначений для автоматичного або напівавтоматичного відмірювання (дозування) заданої кількості рідких чи сипких матеріалів. Ці пристрої широко застосовуються у різних галузях промисловості: будівельній, металургійній, хімічній, харчовій, фармацевтичній, а також у транспортній сфері, лабораторній практиці та торгівлі. Їх використання забезпечує ефективність технологічних процесів [3], точність дозування та зменшення витрат сировини.

Дозатори поділяються за принципом вимірювання матеріалів [3]:

1. Вагові дозатори — вимірюють масу в одиницях ваги (кг).
2. Об'ємні дозатори — працюють з одиницями об'єму (м³).

Продуктивність дозаторів вимірюється як відношення маси або об'єму до одиниці часу (кг/год або м³/год).

Залежно від режиму роботи, дозатори поділяються на:

- періодичної дії (дискретні) — використовуються в процесах, де необхідне розміщення обладнання по висоті, часто мають конструкцію бункерного типу;
- безперервної дії — працюють у процесах із горизонтальним розміщенням обладнання, зазвичай включають стрічкові або бункерні механізми.

Конструктивні особливості дозаторів та сфери їх використання [8]:

1. Прості у конструкції, але менш точні. Застосовуються у випадках, коли не потрібно високої точності дозування.
2. Вагові дозатори. Забезпечують високу точність дозування, що робить їх незамінними для складних і точних технологічних процесів.

Сучасні вагові дозатори зазвичай оснащені автоматизованими системами управління, які включають датчики маси, виконавчі пристрої для подачі матеріалу, а також системи контролю й регулювання. Вони дозволяють забезпечити як точне дозування, так і реєстрацію параметрів у реальному часі.

Основні елементи вагового дозатора:

Живильник - це первинний дозатор матеріалів. Він може бути гравітаційним (воронка) або примусовим (стрічковий, гвинтовий, тарілчастий).

1. Вантажоприймальний пристрій. Відповідає за приймання матеріалів для подальшого дозування.
2. Вимірвальний пристрій. Датчик, який забезпечує контроль маси.
3. Система реєстрації та регулювання. Використовується для відстеження параметрів дозування та їх корекції.
4. Виконавчий пристрій. Відповідає за подачу або зупинку матеріалу відповідно до заданих параметрів.

Переваги використання дозаторів [7].

1. Економія сировини. Точне дозування дозволяє уникнути перевитрати матеріалів.
2. Зменшення втрат. Уникаються втрати матеріалів під час транспортування та фасування.
3. Підвищення продуктивності. Дозатори сприяють розширенню потокового виробництва та автоматизації технологічних процесів.
4. Поліпшення умов праці. Виключаються трудомісткі ручні процеси, що знижує навантаження на працівників.
5. Підвищення точності. Вагові дозатори забезпечують високий рівень точності, необхідний для складних технологій.

Розвиток сучасних технологій дозування спрямований на підвищення точності, автоматизацію процесів і забезпечення універсальності дозаторів для роботи з різними типами матеріалів. Це включає:

- використання інтелектуальних систем управління;

- впровадження сенсорних технологій;
- створення дозаторів, здатних працювати у складних умовах із мінімальним обслуговуванням.

Удосконалення дозаторів є важливим кроком для підвищення ефективності виробничих процесів, зниження витрат та забезпечення конкурентоспроможності продукції в різних галузях промисловості.

2.2. Розливні машини та їх характеристика

Розливні машини відіграють важливу роль у процесах наповнення різноманітної тари рідинами [8]. Вони використовуються в харчовій, фармацевтичній, хімічній та інших галузях промисловості [9]. Основною функцією цих машин є точне дозування рідин і наповнення тари з дотриманням необхідних стандартів якості. Залежно від принципу роботи, розливні машини поділяються на дозувальні (за об'ємом) та розливні (за рівнем).

Розглянемо гравітаційні розливні машини, які функціонують за принципом самопливу рідини під дією гравітаційних сил [10]. Процес здійснюється за атмосферного тиску, а величина напору залежить від висоти стовпа рідини в резервуарі. Ці машини прості у конструкції (рис.2.1), надійні та широко застосовуються для розливу рідин із низькою в'язкістю, таких як вода, молоко, напої тощо.

Рис. 2.1. Розливна машина ВРД (приклад конструкції).

Ця конструкція забезпечує ефективний розлив рідини завдяки плавному самопливу під дією гравітації.

На рис. 2.2. представлена розливна машина ВАР-6.

Рис. 2.2. Приклад конструкції: Розливна машина ВАР-6

Її основними елементами є: 1 - витратний резервуар; 2 – поплавковий регулятор рівня; 3 - кільцевий колектор; 4 – дозувальний прилад (18 шт.); 5 – телескопічна стійка; 6 – карусель; 7 – головний вал; 8 – шток; 9 – ролик; 10 – піднімальний плунжер; 11 – пружина; 12 – важіль.

Машина має механізм карусельного типу, який дозволяє забезпечити безперервний розлив рідини у тару. Кінематична схема роботи, зображена на рисунку 2.3, яка показує принцип передачі руху від електродвигуна через клиноремінну передачу, черв'ячний редуктор і зубчасті колеса до основних механізмів.

Ця машина включає наступні компоненти: 1- пустотіла станина; 2 - завантажувально-розвантажувальний стіл із механізмом та системою автоблокування; 3 - вхідна труба; 4 - витратний резервуар; 5 - дозувальні прилади (28 шт.).

Ця модель розливної машини вирізняється високою продуктивністю та надійністю. Система автоблокування забезпечує безпечну експлуатацію, а конструкція витратного резервуара і дозувальних приладів сприяє точному дозуванню або точному наповненню тари.

Таким, чином гравітаційні розливні машини є оптимальними для розливу рідин з низькою в'язкістю завдяки простоті конструкції та надійності [11]. Вони забезпечують високу точність наповнення тари, що є ключовим для якості готової продукції. Вибір відповідної моделі залежить від характеристик рідини, продуктивності та технологічних вимог виробництва. Удосконалення конструкцій таких машин дозволяє підвищити ефективність виробничих процесів, зменшити втрати сировини та забезпечити стабільність якості готової продукції [12].

2.3 Дозуючі пристрої машин Т1-ВРА-6А та Т1-ВР2А-6

Дозуючі пристрої, що використовуються в розливних машинах Т1-ВРА-6А і Т1-ВР2А-6, відзначаються високою точністю та ефективністю роботи завдяки роздільному керуванню клапанами наповнення й випорожнення мірного стакану. Ці пристрої дозволяють забезпечити точне дозування рідини, мінімізувати втрати сировини й гарантувати якість готової продукції [13].

На рис. 2.5а представлена конструкція фасувального пристрою машини Т1-ВРА-6А. Основні елементи пристрою є: витратний резервуар – забезпечує стабільне постачання рідини; кільцевий колектор – перенаправляє рідину до мірного стакану; клапан наповнення (12) – відкривається під час роботи за допомогою нерухомого копіра, який контактує з роликом (13).

Коли пляшка піднімається столиком, її горловина герметично притискається до прокладки (2), що забезпечує відсутність витоків. Водночас зливна втулка (3) піднімає гумовий зливний клапан (4), через який рідина з мірного стакану (9) надходить до пляшки.

Для відведення повітря з внутрішньої порожнини пляшки використовується центральна трубка (6), що сприяє запобіганню утворення надлишкового тиску. Після завершення наповнення пляшка опускається разом зі столиком, а гумовий клапан повертається у вихідне положення, закриваючи потік рідини.

На рисунку 2.5б показано модернізовану конструкцію фасувального пристрою машини Т1-ВР2А-6. Основною відмінністю цієї моделі є конструктивне поєднання наконечника з клапаном, що суттєво підвищує надійність і довговічність пристрою.

Особливості модернізації [14]:

1. Оптимізація конструкції наконечника. Поєднання наконечника (5) з клапаном дозволяє зменшити кількість рухомих частин, що знижує ризик механічного зносу.
2. Покращення ущільнювальної системи. Прокладка (2) та елементи, які забезпечують герметизацію, забезпечують мінімальні втрати рідини під час розливу.
3. Збільшення стійкості до навантажень. Використання пружини (8) та більш міцних матеріалів у конструкції підвищує довговічність пристрою.

Фасувальні пристрої обох моделей мають такі ключові компоненти: дзвіночок (1): забезпечує герметизацію горловини пляшки; зливна втулка (3): регулює потік рідини до пляшки; мірний стакан (9): виконує функцію резервуара для відмірювання об'єму рідини; ролик (13): передає рух нерухомого копіра для активації клапанів; центральна трубка (6): видаляє повітря з пляшки під час наповнення; клапани (4, 12): контролюють потік рідини в обох напрямках — наповнення та випорожнення.

Переваги модернізованої конструкції [15]:

1. Підвищення точності дозування. Завдяки вдосконаленим клапанним механізмам мінімізуються похибки під час наповнення. Зниження витрат на обслуговування. Спрощення конструкції полегшує ремонт і калібрування.
2. Збільшення продуктивності. Завдяки автоматизації роботи фасувальних пристроїв досягається швидке й точне наповнення пляшок.

Фасувальні пристрої машин T1-BPA-6A та T1-BP2A-6 є ефективними рішеннями для точного дозування рідин у пляшки. Модернізація конструкції сприяє підвищенню надійності та довговічності обладнання, що є важливим чинником для забезпечення стабільної якості продукції та зниження витрат у виробничому процесі [16-18]. Подальше вдосконалення цих пристроїв

дозволить оптимізувати технології розливу та збільшити ефективність їх використання в різних галузях промисловості [19-21].

2.4. Дозувальні системи з мірною місткістю та клапанним механізмом у машинах типу ДАМ

Пристрої з мірною місткістю, які застосовуються у фасувальних машинах типу ДАМ, часто називають ківшовими, оскільки їх мірна місткість функціонує за принципом ковша, що занурюється в рідину та захоплює її. Такі машини широко використовуються для дозування сиропів у пляшки під час виробництва безалкогольних напоїв. На рис. 2.6. наведено фасувальний пристрій машини ДАМ.

Фасувальний пристрій машини ДАМ (рис. 6) закріплено до дна витратного резервуара, який забезпечує стабільний рівень сиропу для процесу дозування. Основні елементи пристрою включають: мірну місткість (4), яка занурюється у сироп для захоплення рідини; зливну трубку (2), через яку сироп переміщується в тару; клапан (1), що регулює потік сиропу; пружину (5), яка повертає механізм у початкове положення; упор (6), що обмежує висоту підйому мірної місткості; дзвіночок (7), який забезпечує герметичність у процесі розливу [13].

У нижньому положенні мірна місткість розташовується під рівнем сиропу в резервуарі, і зливна трубка щільно закрита клапаном. Коли пляшка встановлена під фасувальним пристроєм, центруючий конус піднімає механізм, що викликає одночасний підйом клапана, стрижня та мірної місткості. Під час підйому сироп переміщується з місткості через зливну трубку в пляшку.

Об'єм дози сиропу визначається висотою підйому мірної місткості. Висота регулюється упором (6), який обмежує рух дзвіночка (7) та стрижня

(3). Завдяки маховику упор можна встановити на різній висоті, що дозволяє змінювати об'єм дози для всіх дозувальних пристроїв машини одночасно. Це забезпечує швидке налаштування і адаптацію машини для різних умов виробництва.

Переваги конструкції [22]:

1. Простота конструкції. Завдяки невеликій кількості рухомих частин пристрій легко обслуговується і має високу надійність.
2. Точність дозування. Висота підйому місткості чітко обмежується упором, що дозволяє забезпечити стабільний об'єм дози.
3. Гнучкість налаштування. Можливість змінювати об'єм дози робить пристрій універсальним для різних продуктів і форматів пляшок.
4. Економічність. Зменшення втрат сиропу під час фасування сприяє оптимізації виробничих витрат.

Особливості експлуатації

Для забезпечення стабільної роботи фасувального пристрою необхідно дотримуватися таких умов [15]:

- Підтримання постійного рівня рідини у витратному резервуарі.
- Регулярне чищення мірної місткості та клапанної системи для запобігання накопиченню залишків продукту.
- Перевірка стану пружин та герметизувальних елементів, які впливають на точність дозування.

Пристрої з мірною місткістю і клапанною системою машин типу ДАМ демонструють високу ефективність у процесах дозування сиропів. Їх конструктивні особливості, такі як можливість налаштування об'єму дози, простота експлуатації та надійність, роблять їх важливим елементом технологічного обладнання для виробництва безалкогольних напоїв. Подальше вдосконалення таких пристроїв може бути спрямоване на автоматизацію процесу регулювання дози та підвищення продуктивності.

Висновки до розділу 2

Аналіз конструкцій дозаторів та розливних машин з дозуючими пристроями дозволив визначити основні характеристики, переваги та недоліки сучасного обладнання, яке використовується для дозування і фасування рідких та сипучих продуктів.

1. Різноманітність конструкцій. Дозатори та розливні машини представлені широким спектром конструктивних рішень, що дозволяють забезпечити точне дозування продуктів залежно від їх фізико-хімічних властивостей, вимог до продуктивності та умов експлуатації.

2. Принципи роботи. Основними принципами роботи дозаторів є об'ємний, ваговий та комбінований методи дозування, які забезпечують ефективність і точність процесу залежно від потреб виробництва.

3. Технологічна адаптивність. Розливні машини та дозуючі пристрої дозволяють працювати як із низьков'язкими рідинами, так і з в'язкими або сипучими матеріалами, що робить їх універсальними для різних галузей промисловості, зокрема харчової, хімічної та фармацевтичної.

4. Ефективність сучасних конструкцій. Використання сучасних дозуючих пристроїв, таких як мірні місткості з клапанними механізмами, підвищує точність дозування та сприяє зменшенню втрат сировини, що є ключовим фактором для оптимізації витрат на виробництво.

5. Проблеми та перспективи. Серед основних недоліків виявлено необхідність регулярного технічного обслуговування, залежність точності дозування від стабільності характеристик продукту та складність налаштування для певних умов виробництва. Подальший розвиток конструкцій спрямований на підвищення автоматизації, надійності та економічності.

6. Перспективи вдосконалення. Дослідження показали, що модернізація конструкцій дозуючих пристроїв, впровадження систем

автоматичного регулювання дозування та інтеграція з цифровими технологіями можуть значно підвищити ефективність їх роботи.

Проведений аналіз підтверджує важливість застосування сучасних дозаторів та розливних машин у промислових процесах, їх роль у забезпеченні якості продукції та оптимізації виробничих витрат. Виявлені проблеми та перспективи вдосконалення слугуватимуть базою для подальших досліджень і розробок у цій галузі.

3. РОЗРОБКА, АНАЛІЗ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДОЗУВАННЯ ТА АВТОМАТИКИ

3.1 Конструктивні особливості дозатора та його технічні характеристики

Дозатор сипучих матеріалів використовується для точного дозування вітамінів у мішки, призначені для подальшої реалізації [23]. Його основні складові елементи наведені на рисунку 3.1.

Складові частини дозатора:

1. Загальна ємність для зберігання вітамінних сумішей.
2. Шнек для подачі.
3. Проміжна ємність для накопичення вітамінних сумішей.
4. Електромагнітний механізм висипання.
5. Дозуюче сопло для точного висипання.
6. Транспортер для переміщення мішків з фіксаторами.
7. Мішок для наповнення.

Процес роботи дозатора починається з подачі вітамінних сумішей в загальний бак (1). При досягненні заданого рівня подача автоматично припиняється. Далі шнек (2) переміщує вітамінні суміші у проміжний бак (3), де накопичується порція для точного дозування. Час заповнення проміжної ємності контролюється реле часу. Робота дозатора контролюється електричною схемою, яка представлена на рисунках 3.2 та 3.3.

Рис. 3.2 Схема електрична принципова управління до модернізації

Опис роботи дозатора:

1. Натискання кнопки запуску (SB2) активує реле KV1, яке блокується і утримується в пам'яті.

2. Натискання кнопки SB3 включає транспортер подачі, одночасно запускаючи двигун шнека для подачі цукру в проміжну ємність.
3. При досягненні заданого рівня в проміжному баку датчик SL1 зупиняє подачу цукру.
4. Коли мішок потрапляє в зону дозування, датчик SQ1 зупиняє транспортер на час, необхідний для точного дозування.
5. Реле часу КТ1 запускає електромагніт YA1 для наповнення мішка.
6. Після наповнення першого мішка реле КТ2 активує транспортер для подачі наступного мішка в зону дозування.

Технічні характеристики дозатора ДРК: кількість каналів дозування - 1; дискретність задання дози - 1 кг; відхилення автоматичного дозування - 0,1%; допустима похибка дозування ± 2 кг.

Діапазон дозування: нижня межа - 10 кг; верхня межа - 100 кг; споживана потужність системи - 15 кВт; напруга живлення - 220...380 В; габаритні розміри: 1600×1600×1500 мм; маса приблизно 600 кг; коефіцієнт потужності двигуна шнека ($\cos \varphi$) - 0,66.

Дозатор забезпечує високоточне дозування сипучих матеріалів, автоматизуючи процес наповнення мішків. Завдяки електромагнітному механізму та системі реле часу забезпечується точність і зручність у використанні, що робить його ефективним рішенням для підприємств харчової промисловості

3.2 Аналіз конструкції та пропозиції щодо модернізації дозатора

Під час вивчення принципу роботи та конструкції дозатора було виявлено низку недоліків, серед яких [16]:

- недостатня точність роботи обладнання;
- відсутність контролю режимів роботи та аварійних станів;
- обмежена можливість налаштування параметрів обладнання.

Основні напрями модернізації дозатора [17]: автоматизація процесу дозування – впровадження сучасних технологій автоматичного керування; перехід на інтегральні мікросхеми (ІМС) – заміна релейної системи на компактні та енергоефективні мікросхеми; контроль роботи обладнання – забезпечення моніторингу всіх технологічних операцій; аварійна сигналізація – впровадження індикаторів для візуального контролю стану дозуючої станції [18].

Для забезпечення точного дозування пропонується встановлення датчика ваги, який виконуватиме функції сигналізації та регулювання роботи обладнання. Контроль ваги бункера буде здійснюватися за допомогою тензометричного датчика ваги типу DF2S4 з аналоговим виходом (рис. 3.4). Його підключення реалізується за схемою, що дозволяє інтегрувати датчик у систему управління дозатором.

Сучасні релейні схеми мають низку недоліків, зокрема великі габарити, високий рівень енергоспоживання та часті відмови. Тому пропонується перейти на інтегральні мікросхеми, які характеризуються:

- компактністю;
- низьким енергоспоживанням;
- тривалим терміном експлуатації.

Індикація роботи обладнання буде здійснюватися за допомогою світлодіодних ламп, підключених до вихідних клем мікросхем. Це забезпечить зручний і наочний контроль технологічних процесів [17].

Для гарантування безпечної роботи дозатора пропонується впровадити систему сигналізації для контролю стану обладнання. Основні заходи безпеки включають [18]:

- встановлення реле обриву фаз або реле напруги для моніторингу стану двигуна;
- інтеграцію світлової сигналізації для індикації аварійних ситуацій.

Для забезпечення електробезпеки слід використовувати автоматичні вимикачі, які забезпечать захист від перевантажень і короткого замикання. Автоматичні вимикачі також оснащуються світловими індикаторами для оперативного виявлення проблем та нестабільної роботи системи. У разі спрацювання системи захисту автоматично вимикається весь дозатор, а світлодіодний індикатор несправності залишається активним, доки оператор не виконає необхідний ремонт і не натисне кнопку «стоп» [19].

Запропоновані рішення дозволяють значно підвищити ефективність роботи дозатора, забезпечити його безпечну експлуатацію та мінімізувати ризики аварійних ситуацій. Модернізація сприятиме покращенню технологічного процесу дозування цукру, знижуючи енергоспоживання та витрати на обслуговування.

3.3. Функціональні можливості та технічні вимоги до схеми

Розроблена електрична принципова схема повинна забезпечувати такі основні функції та операції:

- живлення силового кола напругою 380 В; живлення кола управління напругою 220 В; реалізація двох каналів дозування;
- продуктивність подачі цукру – 0,01 м³/с;
- коефіцієнт корисної дії шнека – 0,7;
- допустима похибка дозування – $\pm 0,02$ кг;
- верхня межа дозування – 100 кг;
- нижня межа дозування – 1 кг;
- наявність контролю на випадок обриву фаз;
- захист від короткого замикання (КЗ);
- реалізація схеми управління на базі інтегральних мікросхем (ІМС).

Час дозування залежить від заданої ваги, що обробляється в межах діапазону дозування. Графік робочих операцій наведено на рисунку.

Вхідні та вихідні елементи системи.

Вхідні елементи:

SB1 – кнопка відключення схеми («СТОП»).

SB2 – кнопка включення схеми управління.

SB3 – перемикач режиму дозування.

KU – контакт реле обриву фаз.

QF1 – контакт несправності двигуна шнека.

QF2 – контакт несправності двигуна транспортера.

SK – датчик контролю ваги в проміжній ємності.

Вихідні елементи:

VS1–VS3 – комутуючі пристрої двигуна шнека.

VS4–VS6 – комутуючі пристрої двигуна транспортера.

YA1 – електромагніт подачі цукру.

YA2 – електромагніт реле часу.

VD1–VD4 – елементи сигналізації та контролю роботи обладнання.

Циклограма вхідних та вихідних елементів матиме вигляд:

Принцип роботи електричної принципової схеми організовано наступним чином.

При натисканні кнопки SB2 активується режим очікування блоку дозатора. Далі, за допомогою кнопки SB3, запускається режим дозування. Спочатку вмикається транспортер для подачі мішків, які заздалегідь закріплені. Коли мішок досягає точки дозування, кінцевий вимикач SQ1 спрацьовує, зупиняючи транспортер і активуючи процес дозування. Шнек подачі цукру починає наповнювати проміжну ємність.

Процес дозування контролюється ваговим датчиком, який відстежує вагу і при досягненні заданого рівня автоматично зупиняє шнек. Після цього вмикається електромагніт для висипання цукру в мішок. Одночасно з цим активується реле часу, яке запускає транспортер для продовження циклу, забезпечуючи його повторюваність.

Система автоматизації безпеки включає контакти QF2 і QF3, які підключені до світлової сигналізації для відображення стану роботи обладнання. Контакт KU забезпечує контроль на випадок обриву фаз, сигналізуючи про аварійні ситуації.

3.4 Розрахунок елементів контролю та регулювання силового обладнання та захисту на базі ПК з використанням бази даних

Розраховуємо двигун транспортера.

Потужність двигуна розраховується за формулою :

$$P = \frac{F * V}{\eta}, \text{кВт}$$

де F – сила двигуна, Н; V – швидкість переміщення, м/с; η – ККД приводу

$$F = (m_{\text{рух частин}} + m_{\text{ПЛ}}) * 9,8 = (4700 + 500) * 9,8 = 51067 \text{ Н}$$

$$P = \frac{F * V}{\eta} = \frac{51067 * 0,3 * 0,1}{0,7} = 7,3 \text{ кВт}$$

Обираємо двигун на 7,5 кВт типу 4A132S4: $I_{\text{н}} = 11,0 \text{ А}$ $n = 1450 \text{ об/хв.}$;
 $\cos \varphi = 0,85$, ККД=87%.

Двигун шнеку розраховується за формулою:

$$P = \frac{F * V}{\eta}, \text{кВт}$$

де F – сила двигуна, Н; V – швидкість переміщення, м/с; η – ККД приводу

$$F = (m_{\text{рух частин}} + m_{\text{ПЛ}}) * 9,8 = (25 + 17) * 9,8 = 418 \text{ Н}$$

$$P = \frac{F * V}{\eta} = \frac{418 * 0,25}{0,6} = 2,8 \text{ кВт}$$

Обираємо двигун на 3 кВт типу 4А100S4: $I_n=6,8A$, $N=1440\text{об/хв.}$,
 $\cos \varphi =0.83$ ККД=83%,

Вибір автомата транспортера.

Для визначення робочого струму двигуна використовуємо формулу:

$$I_n = \frac{P * 10^3}{\sqrt{3} * U * \eta * \cos \varphi}, A$$
$$I_n = \frac{P * 10^3}{\sqrt{3} * U * \eta * \cos \varphi} = \frac{7500}{\sqrt{3} * 380 * 0,83 * 0,77} = 11.1A$$

Для розрахунку струму спрацювання автомата використовуємо:

$$I_{авт}=k \times I_n/a, A$$

де $a=0,8...3$; I_n - номінальний струм двигуна; k – кратність пускового струму до номінального; $I_{авт}=77.7A$.

Струм теплового розчеплювача автомата розраховується за формулою:

$$I_{тепл} = 1,1...2,5I_n \text{ (7); } I_{тепл}=1,5 \times 11.1=18A.$$

Обираємо автомат типу ВА 88 – 35, а саме: $I_T=20A$, $I_{ел}=80A$

Підберемо автомат шнека.

Для визначення робочого струму двигуна використовується формулу:

$$I_n = \frac{P * 10^3}{\sqrt{3} * U * \eta * \cos \varphi}, A$$
$$I_n = \frac{P * 10^3}{\sqrt{3} * U * \eta * \cos \varphi} = \frac{3000}{\sqrt{3} * 380 * 0,82 * 0,83} = 6.7A$$

Для розрахунку струму спрацювання автомата використовується

формула: $I_{авт}=6 \times 6,7/1=40A$. Струм теплового розчеплювача автомата розраховуємо за формулою:

$$I_{тепл}=1,1 \dots 2,5, I_n=1,5 \times 6,7=10A.$$

Обираємо автомат типу ВА88-32: $I_T=10A$, $I_{ел}=40A$.

Вибір силових симісторів транспортера.

Для запуску двигуна необхідно підібрати симістори у яких робочий струм повинен перевищувати пусковий струм двигуна, щоб симістор в момент запуску не вийшов з ладу.

Розрахунок робочого струму симістора розраховуємо за формулою:.

$$I_{сим}=(k \cdot I_n) \cdot X, A$$

де k – кратність пускового струму двигуна. I_n – номінальний струм двигуна, А.
 X – коефіцієнт запасу по струму (1,1...1,5).

$$I_{сим}=(7 \times 11,1) \times 1,5=116 A$$

Обираємо силові симістори типу ТС161-125, у яких $I_{max}=125A$, $U_p=380V$.

Вибір силових симісторів для двигуна насоса.

Робочий струм симістора розраховуємо за формулою:

$$I_{сим}=(6 \times 6,7) \times 1,5=60 A$$

Обираємо силові симістори ТС142-63, у яких $I_{max}=10A$, $U_p=380V$.

Розрахунок резисторів та конденсаторів в колі оптикоелектронних пристроїв.
 $P_{спр}=1W$ – потужність спрацювання симісторів; $U_{ж}=24V$ – напруга живлення в колі симісторів.

В колі оптикоелектронних пристроїв гасимо напругу:

$$U_{\text{гас}}=380-U_{\text{ж}}=380-24=356\text{В}$$

$$I_{\text{гас}}=P_{\text{спр}}/U_{\text{гас}}=1/356=0,0028\text{А}$$

струм гасіння в колі управління симісторів.

$$\text{Розраховуємо опір гасіння: } R=U_{\text{гас}}/I_{\text{гас}}=356/0,0028=127 \text{ кОм.}$$

Таким, чином конденсатор ємністю 0,1мкФ з робочою напругою 500В, при частоті 50Гц:

$$X_c=1/2\pi fc=1/2\times 3,14\times 50\times 0,1\times 10^{-6}=32 \text{ кОм.}$$

Опір резисторів рівний: $127-32=95\text{кОм}$. Таким чином номінал резистора обираємо рівним 100 кОм.

Потужність розсіювання резистора:

$$P_{\text{роз}}=I^2 \times R=0.0028^2\times 100000=0,78 \text{ Вт}$$

Для реалізації електричної схеми управління та захисту було здійснено підбір необхідних компонентів, які відповідають заданим параметрам та вимогам.

Найближчий номінал потужності розсіювання становить 1 Вт. Відповідно, обрано резистор МЛТ-1-100 (див. додаток). Цей вибір обґрунтовано робочими струмами в колах управління симісторами.

Виходячи з параметрів струму та напруги в колі управління, для всіх двигунів обрано оптрони типу МОС3081 з максимальним струмом $I_{\text{max}}=0,1 \text{ А}$ та робочою напругою $U_p=380 \text{ В}$.

Кінцеві вимикачі повинні мати замикаючі контакти. Для цієї мети обрано кінцеві вимикачі RS10524 з конфігурацією контактів 1_3+1_p , напругою $U = 250 \text{ В}$ та струмом $I=3 \text{ А}$.

Для забезпечення захисту обладнання важливо контролювати зміни напруги в трифазному колі. Для цього обрано реле контролю трифазних кіл типу *TRW400VN4X*, яке має високу швидкодію і забезпечує контроль напруги з точністю: $U = 400 \text{ В} \pm 20\%$.

Для схеми управління необхідні два рівні живлення: 5 В та 24 В. Обрано стабілізований здвоєний блок живлення типу *ABL-7RE2405*, який відповідає необхідним вимогам (див. додатки, табл. 2).

Для схеми управління потрібно три кнопки з малим робочим струмом. Обрано кнопки із характеристиками $I_{\text{ком}}=0,1\text{А}$, $U_{\text{ком}}=42\text{В}$, червоного та зеленого кольорів.

Для індикації роботи схеми обрано світлодіоди червоного кольору з напругою живлення 5 В. Світлодіоди підключаються послідовно з резистором, номінал якого становить 39 кОм, що забезпечує стабільну роботу індикаторів.

Такий підбір компонентів забезпечує надійність роботи схеми управління, ефективність контролю та захисту обладнання.

3.5 Розрахунок надійності системи автоматики

На практиці для оцінки надійності системи застосовують орієнтовний розрахунок, який базується на середньогруповій інтенсивності відмов елементів. У цьому випадку використовуються дані про інтенсивність відмов λ_i елементів різних груп та кількість елементів N_i , які входять до складу системи. Основна ідея розрахунку полягає у визначенні середнього часу напрацювання на відмову T_0 та ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$.

Рекомендується дотримуватись такого алгоритму розрахунку:

1. Групування елементів системи. Елементи системи будуть розподілені на групи зі схожими інтенсивностями відмов. Для кожної групи підраховується кількість елементів N_i .

2. Встановлення інтенсивності відмов. На основі табличних значень інтенсивності відмов визначаються значення λ_i для кожної групи елементів.

3. Розрахунок внеску груп у загальну інтенсивність відмов. Для кожної групи елементів обчислюється добуток λ_i , який характеризує частку відмов, що вносять елементи цієї групи до загальної інтенсивності відмов системи. Такий підхід дозволяє оцінити надійність системи, враховуючи її склад та специфіку роботи компонентів.

$$\lambda_c = \sum_0^{i=c} N_i \lambda_i$$

Визначемо загальну інтенсивність відказів системи. Розраховуємо час напрацювання на відказ T_0 . Таким чином $T_0 = 1/\lambda_c$.

Визначаємо вірогідність безвідмовної роботи системи:

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_0}}$$

Таким чином $T_0 = 1/374,1 * 10^{-6} = 2673,2$ год.

$$P(0) = e^{-\frac{0}{T_0}} = e^{-0} = 1, \text{ а } P(T_0) = e^{-\frac{T_0}{T_0}} = e^{-1} = 0.367$$

Будуємо номограму, що характеризує роботу обладнання.

Застосування сучасних технологій та розробок, орієнтованих на мінімізацію схем і економію енергоресурсів, дозволяє значно підвищити стійкість системи порівняно з релейними схемами. Останні характеризуються підвищеним енергоспоживанням та обмеженим терміном служби, що пов'язано з наявністю контактів, які часто піддаються зносу та підгорянню. Використання інтегральних мікросхем (ІМС) вирішує низку проблем, зокрема зменшення габаритів схеми управління, мінімізацію кількості елементів та зниження рівня енергоспоживання.

Симісторні пускачі, у свою чергу, мають суттєві переваги над магнітними аналогами. Вони виключають проблему підгоряння контактів, оскільки є безконтактними елементами, а їх робота потребує невеликої потужності (від 1 до 2 Вт).

Застосовані технічні рішення забезпечують значне продовження терміну служби компонентів, знижують енергоспоживання, зменшують виробничі витрати, спрощують експлуатацію, покращують управління та забезпечують ефективний контроль за силовим обладнанням.

Висновки до розділу 3

У розділі здійснено комплексний підхід до аналізу та вдосконалення конструкції дозатора, функціональних можливостей і систем автоматизації. Основні результати роботи можна підсумувати наступним чином:

1. Конструктивні особливості та технічні характеристики дозатора було детально вивчено. Проведений аналіз існуючої конструкції дозволив визначити її переваги та виявити недоліки, такі як низька точність дозування і обмеженість можливостей налаштування.

2. Розроблено пропозиції щодо модернізації дозатора, які включають впровадження сучасної елементної бази, перехід до інтегральних мікросхем (ІМС) і вдосконалення системи керування. Ці заходи сприяють підвищенню точності дозування, енергоефективності та надійності роботи обладнання.

3. Проаналізовано функціональні можливості та технічні вимоги до схеми управління, зокрема реалізовано автоматизацію процесу дозування з використанням тензOMETричних датчиків ваги, світлодіодної індикації та реле безпеки. Це забезпечує оперативний контроль роботи обладнання та можливість аварійного відключення.

4. Проведено розрахунки елементів контролю та регулювання силового обладнання, що включають підбір оптимальних параметрів для захисних пристроїв, кінцевих вимикачів, реле обриву фаз і автоматичних вимикачів. Це дозволило підвищити безпеку експлуатації та мінімізувати ризик аварійних ситуацій.

5. Виконано розрахунок надійності системи автоматики, який підтвердив доцільність застосування сучасних електронних компонентів для зниження частоти відмов. Здійснено оцінку вірогідності безвідмовної роботи системи, що демонструє високі показники надійності в умовах інтенсивної експлуатації.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Вихідні дані для розрахунку та розрахунок кутів тертя та підйому

Для розрахунків використані наступні вихідні дані:

- Продуктивність: 12 т/год
- Висота транспортування - 3 м
- Місткість бункера - 4,5 м³
- Вантаж, що транспортується - пшениця
- Щільність вантажу - $\gamma_v = 8 \text{ кН/м}^3$
- Коефіцієнт тертя між вантажем і поверхнею жолоба: $\mu\sigma = 0,5$

Основні розрахунки:

1. Знаходимо кут тертя: $\text{tg } \rho\sigma = \mu\sigma = 0,5$

отримаємо: $\rho\sigma = 26^\circ 36'$

2. Основні параметри гвинта:
 - Зовнішній діаметр гвинта $D=180 \text{ мм}$
 - Крок гвинта $S=D=180 \text{ мм}$
 - Кут підйому гвинтової передачі: $\alpha=19^\circ 37'$

Внутрішній діаметр кожуха:

$D_k=200 \text{ мм.}$

4.2. Основні параметри гвинта та розрахунок частоти, швидкості

Частота обертів гвинта для забезпечення потрібної продуктивності:

Визначаємо число обертів гвинта, враховуючи геометричний коефіцієнт

$K=0,95K$ та коефіцієнт продуктивності $U=0,3$: $n=331,8 \text{ об/хв.}$

Критична частота обертів гвинта:

$$n_{\text{кр}} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{0,18 \cdot 0,5} \cdot \text{tg}(19 + 26)} \quad (4.1)$$

Таким чином $n_{кр}=142,8$ об/хв.

Умова $n > n_{кр}$ виконується, тому робота гвинта стабільна.

5. Кутова та колова швидкості гвинта:

- Кутова швидкість: $\omega=34,73$ с⁻¹
- Колова швидкість: $V=2,6$ м/с

Визначаємо відношення швидкості вантажу до колової швидкості гвинта:

$$V' = \frac{V}{V_2} = \frac{2ctg(\alpha+\rho\sigma)+tg\alpha-\sqrt{tg^2\alpha+4[ctg(\alpha+\rho)+tg\alpha]}\cdot\frac{g}{\sigma\omega^2\mu\sigma}}{2[ctg(\alpha+\rho)ctg\alpha+1]} V = \omega\sigma \quad (3.9)$$
$$V' = \frac{2ctg(19+26)+tg19-\sqrt{tg^219+4[ctg(19+26)+tg19]}\cdot\frac{9,81}{0,075\cdot34,73^2\cdot0,5}}{2[ctg(19+26)ctg19+1]}=0,38.$$

Швидкість транспортування визначимо по формулі:

$$V = V_2 V'$$

Таким чином, отримаємо що $V=0,98$ м/с

Потужність привода конвеєра визначаємо:

$$N = \frac{P \cdot H \cdot K_1}{3760\eta} (\omega + 1) \quad (3.2)$$

де K_1 – коефіцієнт, який враховує втрати на тертя в підшипниках, $K_1 = 1,15$; η – ККД передачі, $\eta = 0,9$; ω – коефіцієнт опору переміщення пшениці, $\omega=1,3$.

$$N = \frac{120 \cdot 6 \cdot 1,15}{3670 \cdot 0,9} (1,3 + 1) V' =$$
$$\frac{2ctg(19+26)+tg19-\sqrt{tg^219+4[ctg(19+26)+tg19]}\cdot\frac{9,81}{0,075\cdot34,73^2\cdot0,5}}{2[ctg(19+26)ctg19+1]}=0,57 \text{ кВт.}$$

4.3. Розрахунок валу гвинта та упорного підшипника.

Розрахунок включає визначення основних зусиль і моментів, що діють на вал [7]:

1. Розрахунок сил, які діють на вал:

Визначаємо осьову, радіальну та крутні моменти для правильного підбору підшипників і шпонок.

2. Вибір підшипника:

Для валу діаметром 55 мм обрано роликовий конічний підшипник за ГОСТ 28428-90 з параметрами, що забезпечують необхідну довговічність.

3. Розрахунок шпонкового та різьбового з'єднань: Перевірено на зминання та зріз, обрано шпонку та болтові з'єднання з відповідними параметрами, що забезпечують міцність і надійність конструкції.

Визначено основні параметри гідронасоса, включаючи теоретичну та фактичну подачу, потужність, крутний момент та обсяг рідини, що необхідний для нормальної роботи транспортера.

1. Обрано відповідний золотниковий гідророзподільник BE10 574 Г24 на основі розрахункових параметрів, який забезпечує оптимальний тиск і витрату.

Розрахунок валу гвинта

На вал гвинта діють колова сила F_t , осьова F_a , радіальна F_r , а також крутний момент M_0 .

Визначаємо числові значення сил:

$$F_t = \frac{2M_0}{d_{\partial 2}} \quad (3.3)$$

$$F_r = F_t \operatorname{tg} \alpha \sin \phi_{\partial 1} \quad (3.4)$$

Таким чином:

$$F_r = 238 \cdot 0,31 \cdot \sin 19^\circ = 21,7 \text{ Н},$$

$$F_a = 238 \cdot 0,31 \cos 19^\circ = 70,5 F_t = \frac{2 \cdot 30,39}{0,255} = 238 \text{ Н}.$$

Складаємо схему навантаження на вал, визначаємо реакції в опорах, будемо епюри крутних і згинаючих моментів.

Визначаємо реакції опор в координатах zx :

$$1) \sum M_A = 0; R_B = \frac{21,7 \cdot 3,13}{3} = 22,64 \text{ Н}.$$

$$2) \sum M_B = 0; -R_A \cdot 3 + F_r \cdot 0,13 = 0; \text{ Н}.$$

$$3) \sum F_z = 0; -P + R_z^B - F_A = 0 R_B = \frac{21,7 \cdot 3,13}{3} = 22,64; R_z^B = 405 + 70,5 = 475,5 - R_A \cdot 3 + F_r \cdot 0,13 = 0 \text{ Н}.$$

$$4) R_A - R_B + F_r = 0 - P + R_z^B - F_A = 0; 0,94 - 22,64 + 21,7 = \sum F_x = 0$$

Визначаємо величину згинаючого моменту

$$M_{3z1} = F_r \cdot 0,13 = 21,7 \cdot 0,13 = 2,82 \text{ Нм};$$

$$M_{3z2} = F_r \cdot 3,13 - R_B \cdot 3 = 21,7 \cdot 3,13 - 22,64 \cdot 3 = 0$$

Отже, опора В сприймає найбільше осьове навантаження.

Визначаємо реакції опор в координатах zy :

$$1) R_B = \frac{238 \cdot 3,13}{3} = 248 \text{ Н}.$$

$$2) \sum M_B = 0; M_{3z2} = F_r \cdot 3,13 - R_B \cdot 3 = 21,7 \cdot 3,13 - 22,64 \cdot 3 = 0$$

$$R_A \cdot 3 + F_t \cdot 0,13 = 0 R_B \cdot 3 - F_t \cdot 3,13 = 0; \text{ Н}.$$

$$3) \sum F_y = 0; -10 + 248 - 238 = 0$$

Отже, опора В і в даних координатах сприймає найбільше осьове навантаження.

Визначаємо величину згинаючого моменту

$$M_{3z1} = -F_t \cdot 0,13 = -238 \cdot 0,13 = -30,9 - R_A + R_B - F_t = 0 \text{ Нм};$$

$$M_{3z2} = -F_t \cdot 3,13 + R_B \cdot 3 = -238 \cdot 3,13 + 248 \cdot 3 = 0$$

Підраховуємо величину крутного моменту:

$$M_{кр} = M_0 = 30,39 \text{ Нм.}$$

Визначаємо приведений момент на валу:

$$M_{np} = \sqrt{M_{3z}^2 + M_{кр}^2} M_{3z1} = -F_t \cdot 0,13 = -238 \cdot 0,13 = -30,9 \quad (3.18)$$

$$\text{де } M_{3z} = \sqrt{(M_{3z}^{xy})^2 + (M_{3z}^{zy})^2} \quad (3.19)$$

$$M_{3z} = \sqrt{2,82^2 + 30,9^2} = 31,03 \text{ Нм.}$$

$$M_{np} = \sqrt{31,03^2 + 30,39^2} = 43,43 \text{ Нм.}$$

Діаметр вала гвинта визначимо по формулі:

$$D_e \geq \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0,1[\sigma]}} \quad (3.5)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження на міцність, $[\sigma] = 50 \text{ МПа}$.

$$D_e \geq \sqrt[3]{\frac{43,43}{0,1 \cdot 50 \cdot 10^6}} = 0,0205 \text{ м}$$

Приймаємо $D = 25 \text{ мм}$.

$$d = (0,6 - 0,8)D \text{ мм} \quad (3.6)$$

Приймаємо $d = 55 \text{ мм}$ – внутрішній діаметр вала гвинта.

Вибір підшипників.

Вибираємо підшипник роликовий конічний двохрядний по ГОСТ 28428-90 тип 1211.

Параметри підшипника:

$$d = 55 \text{ мм}; D = 120 \text{ мм}, B = 20 \text{ мм}; C\sigma = 41,9 \text{ кН}; e = 0,36; y = 1,67.$$

Визначимо радіальну реакцію в точці В:

$$R_{Br} = \sqrt{R_{Bzx}^2 + R_{Bzy}^2} R_{Br} = \sqrt{R_{Bzx}^2 + R_{Bzy}^2} \quad (3.22)$$

$$R_{Br} = \sqrt{248^2 + 10^2} = 248 R_E = K_K R_{B\sigma} K_\sigma K_T \text{ Н.}$$

Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження:

K_K – коефіцієнт обертання, $K_K = 1,0$;

K_σ – коефіцієнт безпеки, $K_\sigma = 1,4$;

K_T – температурний коефіцієнт, $K_T = 1,0$.

Таким чином: $R_E = 1,0 \cdot 248 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 347 \text{ Н}$

Визначимо розрахункову довговічність підшипника.

Приймаємо довговічність підшипника $L_h = 30000$ год.

Розрахункова довговічність:

$$L_h = \frac{10^6}{572,4 \cdot \omega} \cdot \left(\frac{C_6}{R_E}\right)^3 \sigma_{зм} = \frac{T_{кр}}{A_{зм}} \leq [\sigma]_{зм}, \quad (3.7)$$

де $\omega = 34,73 \text{ с}^{-1}$, $C_6 = 24 \text{ кН}$, $R_E = 0,34 \text{ кН}$

$$L_h = \frac{10^6}{572,4 \cdot 34,73} \cdot \left(\frac{24}{0,35}\right)^3 d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{4F}{\pi \cdot [\tau]_p}} = 16153921 \text{ год.}$$

Отже, необхідна довговічність забезпечується.

Розрахунок шпонкового з'єднання

Для валу діаметром 55 мм за ГОСТ 23360-78 вибираємо шпонку 16x10x45 де $L = 45 \text{ мм}$, $b = 16 \text{ мм}$, $h = 10 \text{ мм}$, $t_1 = 6 \text{ мм}$, $t_2 = 4,3 \text{ мм}$, $r = 0,25 \text{ мм}$.

Перевірка шпонки на зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{T_{кр}}{A_{зм}} \leq [\sigma]_{зм}, \quad (3.8)$$

$$\text{де } A_{\text{зм}} = (0,94 \cdot h - t_1) \cdot l = (0,94 \cdot 10 - 4,3) \cdot 45 = 241,11 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{31,36}{241,11} = 0,13 \text{ МПа}$$

$[\sigma]_{\text{зм}} = 70 \text{ МПа}$ – допустима напруга на зминання.

$\sigma_{\text{зм}} < [\sigma]_{\text{зм}}$ – умова виконується.

Перевірка шпонки на зріз

$$\tau_{\text{зр}} = \frac{T_{\text{кр1}}}{b \cdot l} = \frac{31,36}{16 \cdot 45} = 0,045 \text{ МПа}, \quad (3.9)$$

$[\tau]_{\text{зр}} = 120 \text{ МПа}$ – допустима напруга на зріз.

$\tau_{\text{зр}} < [\tau]_{\text{зр}}$ – умова виконується.

Розрахунок різьбового з'єднання:

Так як вал гвинта і вал, який виходить з муфти з'єднані болтами, виникає необхідність їх розрахунку.

Розрахунки проводимо із умови міцності на розтяг.

F – осьове навантаження на гвинт.

$$F = M_o / D = 30,39 / 0,025 = 1215,6 \text{ Н}, \quad (3.10)$$

F – осьове навантаження на гвинт.

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1215,6}{3,14 \cdot 80 \cdot 10^6}} \nu_M = 26,8 \text{ мм}$$

Приймаємо болт М26х2 з кроком 2 мм по ГОСТ 7808-79.

Вибір та розрахунок елементів машини:

Корпус транспортера виготовлений з листової сталі, зварний, товщиною 10 мм. Так як висота конвеєра не дуже велика, то корпус розбитий на складові, які в місцях з'єднання мають опорні поверхні і з'єднанні болтами.

Розрахунок гідроприводу агрегату.

Визначимо теоретичну подачу гідронасоса.

$$Q_m = V_p \cdot \frac{n}{1000} \quad (3.11)$$

де V_p робочий об'єм гідронасоса, для гідронасоса НШ-10 $V_p = 10 \text{ см}^3$.

$$Q_m = 10 \cdot \frac{150}{1000} = 1,5 \text{ л/хв.}$$

Фактична подача гідронасоса

$$Q_\phi = V_p \cdot n \cdot \frac{\eta_V}{1000} \quad (3.12)$$

де η_V об'ємний К.К.Д насоса, $\eta_V = 0,96$.

$$Q_\phi = \frac{10 \cdot 150 \cdot 0,96}{1000} = 1,44 \text{ л/хв.}$$

Об'ємний ККД η_V насоса це відношення фактичної подачі до теоретичної $\eta_V = Q_\phi / Q_m$;

η_M – механічний к.к.д. обумовлений втратами механічної енергії в гідромашині, на подолання тертя при руху елементів гідромашини по рідині, тертя в самій рідині між її частками $\eta_M = 0,98$.

Загальний ККД, визначаємо:

$$\begin{aligned} \eta &= \eta_V \cdot \eta_M \\ \eta &= 0,96 \cdot 0,98 = 0,94 \end{aligned}$$

Визначимо корисну потужність насоса N_k . Це потужність, що надається насосом робочій рідині

$$N_k = \frac{\Delta P \cdot Q_m}{61,2} \quad (3.13)$$

де ΔP перепад тисків на вході і виході з гідронасоса, МПа $\Delta P = 15,8$;

$$N_k = \frac{15,8 \cdot 1,5}{61,2} = 0,4 \text{ кВт.} \quad (3.14)$$

Потужність насоса N – потужність, що споживається насосом.

$$N = \frac{\Delta P \cdot Q_\phi}{61,2 \cdot \eta} \quad (3.15)$$

$$N = \frac{15,8 \cdot 1,44}{61,2 \cdot 0,94} = 0,39 \text{ кВт}$$

Крутний момент на валу насоса

$$M = 9554 \cdot \frac{N}{n} \quad (3.16)$$

$$M = 9554 \cdot \frac{0,39}{150} = 24,8 \text{ Нм.}$$

Визначення основних параметрів гідромоторів.

Крутний момент на валу гідромотора визначається за формулою

$$M = \frac{V_p \cdot \Delta P \cdot \eta_M}{2\pi}, \quad (3.17)$$

$$M = \frac{10 \cdot 15,8 \cdot 0,98}{2 \cdot 3,14} = 24,6 \text{ Нм.}$$

Розрахунок трубопроводів.

Внутрішній діаметр трубопроводу розраховують по формулі

$$d = 4,6 \sqrt{\frac{Q}{v_M}} \quad (3.18)$$

Q_p – подача рідини по трубопроводу, $Q = Q_{фл/хв}$; v_M – швидкість потоку робочої рідини, м/с;

Швидкість v_M вибирається за таблицею, в залежності від тиску:
 $v_M = 2 \text{ м/с}$.

Внутрішній діаметр трубопроводу:

$$d = 4,6 \sqrt{\frac{1,44}{2}} = 3,9 \text{ мм.}$$

З стандартного ряду приймаємо $d = 5 \text{ мм}$.

Товщина стінки труби:

$$\delta_m = \frac{pd}{2[\sigma_{BP}]} K_\sigma \quad (3.19)$$

p - максимальний тиск у трубі, для НШ-10 $p = 16 \text{ МПа}$.

$\sigma_{BP} = 70 \text{ МН/м}^2$ – межа міцності на розтяг матеріалу труби для латунних труб; $K_\sigma = 2 \dots 8L$ - коефіцієнт безпеки;

Товщина стінки:

$$\delta_m = \frac{16 \cdot 5}{2 \cdot 70} \cdot 2 = 1 \text{ мм}$$

Розрахунок втрат тиску:

Втрати залежать від числа Рейнольдса (Re):

$$Re = 21200 \cdot \frac{1,44}{5 \cdot 45} = 136$$

Тобто якщо число Рейнольдса $Re = 136 < 2300$, то рух рідини проходить в ламінарному режимі.

Втрати тиску по довжині трубопроводу при ламінарному потоці:

$$\Delta p_n = 0,62 \cdot (v \cdot Q \cdot L / d_m^4) \text{ МПа} \quad (3.19)$$

$$\Delta p_n = 0,62 \cdot (45 \cdot 1,44 \cdot 3 / 0,05^4) = 0,0019 \text{ МПа}$$

4.4. Розрахунок золотникового гідророзподільника

Золотникові гідророзподільники відзначаються компактністю та здатністю знижувати осьові сили, що виникають під дією тиску рідини. Для виконання розрахунку розподільника необхідно мати дані про конструктивну схему, кількість позицій та гідроліній. Крім цього, вихідними параметрами повинні бути: тиск у напірній лінії p_n , тиск у зливній лінії p_c , максимальна витрата через розподільник Q_p (МПа), а також втрати тиску в щілинах золотника Δp_z .

На основі цих параметрів проводиться перевірочний розрахунок, щоб визначити характеристики тиску в гідросистемі.

$$\Delta p_3 = 0,5[p_n - (\Delta p_n + p_c)].$$

де p_n - максимальний тиску в гідросистемі 16 МПа; Δp_n прийmemo рівним 0,005 МПа; p_c - прийmemo 15,7 МПа.

$$\Delta p_3 = 0,5[16 - (0,005 + 15,7)] = 0,1475.$$

Можна орієнтуватись на максимальні втрати тиску $\Delta p_3 = 0,125 - 0,15$ МПа.

По значенню Δp_3 . Визначаємо максимальну площу відкриття золотник:

$$f_0 = \frac{Q_p}{\mu \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_3}} \quad (3.20)$$

де $\mu = 0,61 \dots 0,65$ – коефіцієнт витрати на кромці золотника; $\rho =$ густина гідравлічної рідини, $\rho 1,5 \leq \frac{12}{5} \leq 2,5 = 0,75$ кг/м³

Площі каналів и прохідний переріз золотника повинні бути не менші

$$0,75 \cdot f_m \quad (3.21)$$

де f_m - площа отвору підвідної труби, $f_m = 0,001 \text{ м}^2$.

$$0,75 \cdot f_m = 0,75 \cdot 0,001 = 75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$f_0 = \frac{1,44}{0,65 \sqrt{\frac{2}{0,75}} \sqrt{0,1475}} = 0,0002 \text{ м}^2$$

Діаметр золотника:

$$d_3 \geq 1,6 \sqrt{f_0} \quad (3.22)$$

$$d_3 = 1,6 \sqrt{0,0002} = 0,02 \text{ м}$$

Таким чином діаметр золотника $d_3 = 10 \text{ мм}$

Визначаємо відкриття золотника:

$$x = \frac{f_0}{\pi \cdot d_{3c}} P_{zc} = \mu \cdot \pi \cdot d_{3c} \cdot x \cdot (p_1 - p_2) \cos \theta,$$

$$x = \frac{0,0002}{\pi \cdot 0,1} = 0,06 \text{ м}$$

З врахуванням перекриття $\Delta x = 3 \dots 6$ мм, таким чином потрібна витрата:

$$x_3 = x + \Delta x \quad (3.22)$$

$$x_3 = 6 + 3 = 9 \text{ мм}$$

Кінцевий хід золотника визначається з врахуванням механізму фіксації при ручному ході. На практиці хід золотника складає $3 \dots 28$ мм.

Ширина поясків плунжера:

$$b_1 = \frac{d_{zc}}{n} \quad (3.23)$$

де n - число поясків плунжера.

$$b_1 = \frac{10}{2} = 5 \text{ мм}$$

Довжину штоку золотника $l_{шз}$ вибираємо із співвідношення:

$$1,5 \leq \frac{l_{шз}}{b_1} \leq 2,5 \quad (3.24)$$
$$1,5 \leq \frac{12}{5} \leq 2,5 \quad l_{шз} = 12 \text{ мм}$$

Діаметр розточки в корпусі $D \leq 2 = 20 \text{ мм}$, а її ширина

$$b = d_m + (3 \dots 5)$$

де d_m - діаметр отвору підвідного каналу, відповідно:

$$b = 6 + 4 = 10 \text{ мм}$$

Для визначення зусилля управління розподільником, окрім інерційних сил і тертя, потрібно враховувати також дію гідродинамічної сили, яка спрямована протилежно до напрямку дросельного потоку рідини, а також силу, що повертає розподільник у початкове положення. З достатньою точністю для практичних розрахунків гідродинамічна сила може бути обчислена за наступною формулою:

$$P_{zc} = \mu \cdot \pi \cdot d_{zc} \cdot x \cdot (p_1 - p_2) \cos \theta,$$

де $\mu = 0,61 \dots 0,65$ – коефіцієнт витрати для золотника з прямокутними гострими кромками; $\Theta = 30^\circ$ - кут, утворений віссю золотника і напрямом потоку рідини через щілину; xl - осьове переміщення плунжера, мм; $p_1 - p_2$ тиск на вході і виході щілини відповідно, $p_1 - p_2 = 16 - 15,7$ МПа.

$$P_{zc} = 0,65 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 6 \cdot (16 - 15,7) \cdot 0,86 = 31,6H$$

При розрахунку інерційної сили враховуємо масу об'єму робочої рідини, як в напірній так і в зливній магістралі трубопроводу:

$$m = \rho \cdot l \cdot f_m$$

де l - довжина трубопроводу, враховано ділянки керування; f_m - прохідний трубопровід, його переріз.

$$m = 0,75 \cdot 3 \cdot 0,001 = 225g.$$

Відповідно до отриманих

Висновки до розділу 4

У цьому розділі проведено експериментальні дослідження і розрахунки, які дозволяють оцінити ефективність роботи дозаторів рідинного типу.

Проведено аналіз перепаду тиску на різних ділянках дозатора. Визначено коефіцієнти геометричної форми та тиски для кільцевих і конічно-кільцевих каналів. Результати показали, що максимальний перепад тиску спостерігається на ділянках з конічною щілиною, що зумовлено геометрією каналів та фізичними властивостями рідини.

Розраховано дотичні напруги, крутний момент та зміни подовжніх розмірів пружини при осьовому розтягу та стиску. Доведено, що крутний момент і напруга є визначальними параметрами для оцінки міцності та довговічності пружини. Встановлено відповідність між розрахунковими і нормативними показниками.

Розрахунки підтвердили ефективність використання пружин з оптимальними геометричними параметрами. Зокрема, гвинтові пружини малого кроку забезпечують необхідну міцність при мінімальній деформації. Визначено, що максимальні дотичні напруги не перевищують допустимих значень, що гарантує безпечну експлуатацію.

Проведено оцінку капітальних витрат, амортизаційних відрахувань та приведених витрат для двох типів дозаторів. Встановлено, що дозатори Т1-ВРА-6А та Т1-ВР2А-6 забезпечують економічну ефективність при різних умовах експлуатації, що робить їх доцільними для використання у промислових умовах.

Встановлені закономірності дозволяють оптимізувати їх конструкцію, підвищити ефективність роботи та зменшити енергоспоживання. Це сприяє їх широкому застосуванню в агропромисловій сфері.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДОЗАТОРІВ НАСІННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ

5.1. Охорона праці при використанні дозаторів насіння та знезаражувальних установок

Для забезпечення безпечної експлуатації дозаторів насіння та знезаражувальних установок необхідно дотримуватися низки організаційних і технічних заходів, спрямованих на зменшення ризиків травмування, впливу шкідливих речовин на працівників і навколишнє середовище. Ось основні рекомендації [24, 25]:

1. Загальні вимоги до охорони праці

Відповідальність за дотримання техніки безпеки та правил охорони праці покладається на керівника підприємства або уповноважену особу.

Роботи з використанням дозаторів і знезаражувальних установок повинні виконуватися виключно кваліфікованим персоналом, який пройшов відповідне навчання та інструктаж.

До роботи допускаються особи, які досягли 18-річного віку, мають відповідний медичний допуск і пройшли інструктаж з охорони праці.

Працівники повинні бути ознайомлені з технічною документацією обладнання та особливостями його експлуатації.

Робоча зона повинна бути чистою, добре освітленою і оснащеною необхідними засобами безпеки.

Усі обертові та рухомі частини обладнання повинні бути обладнані захисними кожухами.

2. Техніка безпеки при експлуатації дозаторів насіння

Перевірити технічний стан обладнання, відсутність пошкоджень або зношених деталей.

Очистити дозатор від залишків насіння, пилу та інших забруднень.

Забороняється проводити ремонт, налаштування або очищення обладнання під час його роботи.

Використання електричних компонентів можливе лише за наявності справного заземлення.

Заборонено залишати працююче обладнання без нагляду.

Обладнання має бути оснащене сигналізацією для попередження про аварійні режими.

У разі виявлення несправностей або пошкоджень робота зупиняється, а несправності усуваються кваліфікованим спеціалістом.

3. Додаткові вимоги при знезараженні насіння [25]

Працівники повинні бути забезпечені спецодягом із водовідштовхувальних матеріалів, гумовими рукавичками, захисними окулярами та респіраторами або протигазами.

Залишки протруювальних розчинів повинні зберігатися у спеціальних ємностях із чітким маркуванням.

Приміщення для протруювання повинно бути оснащене ефективною вентиляцією.

Відстань від приміщення до житлових і виробничих будівель повинна становити не менше 200 м.

Знезараження насіння виконується за суворими правилами використання хімічних препаратів, викладеними в інструкції з їхнього застосування.

Роботи з пестицидами проводяться лише під наглядом сертифікованого спеціаліста.

4. Пожежна безпека [26]

У приміщенні повинні бути встановлені вогнегасники та інші засоби пожежогасіння.

У разі загоряння електропроводки дозатор необхідно негайно вимкнути від живлення.

Уникати механічного пошкодження кабелів і контактів. Перед переміщенням дозатора кабель слід вивести із зони робочих органів.

5. Охорона довкілля

Відходи від знезараження насіння (залишки розчинів, використані засоби захисту) слід утилізувати згідно з нормативними вимогами.

Регулярно перевіряти рівень забруднення повітря, води та ґрунту навколо місця знезараження.

Виконання вищезазначених заходів забезпечить безпечну та ефективну експлуатацію дозаторів насіння і знезаражувальних установок, сприятиме збереженню здоров'я працівників, запобіганню аварійним ситуаціям і зменшенню негативного впливу на довкілля.

5.2. Екологічна експертиза дозаторів для насіння

Екологічна експертиза є важливим етапом оцінки впливу дозаторів для насіння на довкілля. З огляду на те, що такі пристрої використовуються в аграрному секторі, їх експлуатація може впливати на навколишнє середовище як безпосередньо (через фізичний контакт із насінням і робочими матеріалами), так і опосередковано (через споживання ресурсів, утворення відходів тощо). Основна мета екологічної експертизи — забезпечити мінімізацію впливу на довкілля під час використання дозаторів [27].

1. Основні аспекти екологічної експертизи

Електроенергія: Дозатори для насіння споживають електроенергію для роботи двигунів і систем управління. Важливо оцінити енергоефективність обладнання, щоб зменшити вуглецевий слід від виробництва електроенергії.

Пристрої використовують матеріали для дозування (наприклад, протруювальні розчини), які можуть мати екологічні наслідки.

Відходи можуть утворюватися у вигляді залишків насіння, упаковок від пестицидів, витратних матеріалів та деталей, які потребують заміни.

Експертиза повинна передбачити способи збирання, сортування та безпечної утилізації цих відходів.

Робота дозаторів може супроводжуватися викидами пилу, мікрочастинок та аерозолів, що впливають на якість повітря.

Важливо оцінити рівень викидів та передбачити ефективні методи пиловловлювання.

Протруювальні речовини, які використовуються у дозаторах, можуть впливати на стан ґрунту, водоносних горизонтів та поверхневих водойм у разі неправильного поводження або витоків.

Експертиза має враховувати герметичність обладнання та можливість повторного використання протруювальних розчинів.

2. Оцінка ризиків і запобіжні заходи

Потенційне забруднення ґрунту і води через витoki або неправильне поводження із залишками робочих розчинів.

Утворення дрібнодисперсного пилу, який може поширюватися за межі робочої зони.

Оснащення дозаторів ефективними системами пиловловлювання.

Використання герметичних ємностей для транспортування та зберігання протруювальних розчинів.

Застосування сучасних технологій автоматизації для точного дозування, що зменшує ризик розливів і перевитрати матеріалів.

3. Екологічна безпека протруювальних речовин

Протруювання насіння передбачає використання хімічних речовин, які можуть бути небезпечними для довкілля, якщо їх застосовувати без дотримання регламентів. Для зменшення ризиків:

Використовуються лише дозволені препарати, які пройшли відповідні дослідження на вплив на ґрунтову мікрофлору, водні екосистеми та теплокровних тварин.

Установки обладнуються системами збору залишків розчинів і відпрацьованих матеріалів.

4. Висновки екологічної експертизи

Екологічна експертиза дозаторів для насіння підтверджує їхню відповідність сучасним стандартам екологічної безпеки за умови дотримання таких рекомендацій:

Використання енергоефективних двигунів і схем управління для зменшення енергоспоживання.

Організація збору та безпечної утилізації залишків робочих розчинів і відходів.

Регулярний екологічний контроль обладнання та робочої зони для запобігання забруднення довкілля.

Проведення інструктажів для працівників щодо правил поводження з дозаторами та протруювальними речовинами.

Запровадження цих заходів забезпечить безпечну експлуатацію дозаторів для насіння та мінімізацію їхнього впливу на навколишнє середовище.

5.3. Заходи з екологічної безпеки при використанні дозаторів для насіння

Для забезпечення екологічної безпеки під час експлуатації дозаторів для насіння необхідно реалізувати комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу на довкілля. Ці заходи охоплюють організаційні, технічні та технологічні аспекти [27].

1. Технічні заходи:

- герметизація всіх вузлів, що контактують із хімічними розчинами ;
- використання контейнерів для збору залишків розчинів і утилізації відходів;
- встановлення фільтрів і систем пиловловлювання для запобігання розповсюдженню мікрочастинок у повітря;

- організація примусової вентиляції у приміщеннях, де використовуються дозатори;

- впровадження систем автоматичного дозування, що знижують ризик перевитрати матеріалів та утворення відходів;

- контроль параметрів роботи обладнання за допомогою датчиків і комп'ютерних систем;

- використання матеріалів із високою корозійною стійкістю для подовження терміну служби обладнання.

- застосування протиударних і зносостійких покриттів у конструкції дозаторів.

2. Організаційні заходи:

- проведення регулярних інструктажів з безпечного поводження з хімічними речовинами та дозаторами;

- забезпечення працівників інформацією про потенційні екологічні ризики та способи їх уникнення;

- постійний контроль стану ґрунтів, води та повітря на території, де використовуються дозатори;

- регулярна перевірка обладнання на герметичність і справність;

- відведення спеціальних приміщень для зберігання протруювальних розчинів із дотриманням санітарних норм;

- забезпечення ізольованого зберігання відходів до їх утилізації.

3. Технологічні заходи:

- вибір безпечних протруювальних речовин;

- використання препаратів із низьким класом небезпеки, які мають мінімальний вплив на довкілля;

- застосування сучасних біологічних або нанопрепаратів, що є екологічно безпечнішими;

- зменшення обсягів використання протруювальних розчинів через впровадження більш точних методів дозування;

- використання технологій повторного застосування робочих розчинів;

- використання енергоефективних двигунів і систем управління;
- оптимізація режимів роботи для зниження енергоспоживання;

4. Заходи утилізації відходів:

- організація системи збору відпрацьованих розчинів і контейнерів із протруєним насінням;
- передача відходів спеціалізованим організаціям для безпечної утилізації;
- утилізація тари;
- переробка або знищення тари відповідно до чинних нормативних вимог;

забезпечення обліку кількості використаних і знищених упаковок.

5. Контроль за дотриманням норм:

- періодична перевірка роботи дозаторів та умов їх експлуатації;
- здійснення аудиту екологічних стандартів на виробництві;
- дотримання вимог національного законодавства у сфері екології;
- виконання рекомендацій міжнародних стандартів із безпечного використання пестицидів та агрохімікатів.

Реалізація зазначених заходів з екологічної безпеки дозволяє знизити негативний вплив дозаторів на довкілля, покращити умови праці персоналу та забезпечити раціональне використання ресурсів. Дотримання цих заходів сприятиме підвищенню екологічної відповідальності підприємства та збереженню навколишнього середовища для майбутніх.

5.4 Розрахунок економічних показників дозаторів рідинного типу

1. Здійснимо визначення річних економічних показників, які включають [28]:

- розрахунок річних експлуатаційних витрат;
- амортизаційні відрахування;
- розрахунок приведених витрат на кожну модель дозатора.

2. Визначення експлуатаційних витрат.

- експлуатаційні витрати включають вартість обслуговування, ремонтів та споживання електроенергії. Загальна формула:

$$S_{\text{експл}} = S_{\text{обсл}} + S_{\text{рем}} + S_{\text{ен}}$$

Вартість обслуговування та ремонту: приймаємо як 10% від початкової вартості дозатора.

Енергоспоживання:

$$S_{\text{ен}} = W \cdot C_{\text{ен}} \cdot T$$

де W - споживана потужність (кВт), $C_{\text{ен}}$ - тариф на електроенергію (грн/кВт·год, приймаємо 7,96 грн), T - час роботи (годин на рік).

1. Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$S_{\text{ам}} = C_{\text{обл}} / T_{\text{експл}}$$

де $C_{\text{обл}}$ - вартість обладнання (грн), $T_{\text{експл}}$ - термін експлуатації обладнання (років, приймаємо 10 років).

4. Приведені витрати враховують капітальні витрати на обладнання та річні експлуатаційні витрати:

$$S_{\text{прив}} = S_{\text{експл}} + 0,2 \cdot C_{\text{обл}}$$

Проведемо розрахунку для дозаторів.

Розглянемо дозатор Т1-ВРА-6А.

1. Враховуємо наступні вихідні дані:

Вартість обладнання: $C_{\text{обл}} = 100,0$ тис. грн.

Споживана потужність: $W=1.5$ кВт.

Час роботи: $T=2500$ год/рік.

2. Річні експлуатаційні витрати:

Обслуговування та ремонт:

$$S_{\text{обсл}}=0.1 \cdot C_{\text{обл}}=0.1 \cdot 100,0=10,0 \text{ тис. грн.}$$

Енергоспоживання:

$$S_{\text{ен}}=W \cdot C_{\text{ен}} \cdot T=1.5 \cdot 7.96 \cdot 2500=29,85 \text{ тис. грн.}$$

Сумарні експлуатаційні витрати:

$$S_{\text{експл}}=S_{\text{обсл}}+S_{\text{ен}}=10,0+29,85=39,85 \text{ тис. грн.}$$

Амортизаційні відрахування:

$$S_{\text{ам}}=C_{\text{обл}} / T_{\text{експл}}=100,0/10=10,0 \text{ тис. грн.}$$

Приведені витрати:

$$S_{\text{прив}}=S_{\text{експл}}+0.2 \cdot C_{\text{обл}}=39,85+0.2 \cdot 100,0=59,85 \text{ тис. грн.}$$

Розглянемо дозатор ДАМ

Вихідні дані:

Вартість обладнання: $C_{\text{обл}}=150,0$ тис. грн.

Споживана потужність: $W=2.0$ кВт.

Час роботи: $T=3000$ год/рік.

Річні експлуатаційні витрати:

Обслуговування та ремонт:

$$S_{\text{обсл}}=0.1 \cdot C_{\text{обл}}=0.1 \cdot 150,000=15,0 \text{ тис. грн.}$$

Енергоспоживання:

$$S_{\text{ен}}=W \cdot C_{\text{ен}} \cdot T=2.0 \cdot 7.96 \cdot 3000=47,76 \text{ тис. грн.}$$

Сумарні експлуатаційні витрати:

$$S_{\text{експл}}=S_{\text{обсл}}+S_{\text{ен}}=15,000+47,760=62,76 \text{ тис. грн.}$$

Амортизаційні відрахування:

$$S_{\text{ам}}=C_{\text{обл}}/T_{\text{експл}}=150,0/10=15,0 \text{ тис грн.}$$

Приведені витрати:

$$S_{\text{прив}}=S_{\text{експл}}+0.2 \cdot C_{\text{обл}}=62,76+0.2 \cdot 150,0=92,76 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином, дозатор Т1-ВРА-6А має нижчі річні приведені витрати (59,85 тис. грн) порівняно з дозатором ДАМ (92,76 тис. грн), що свідчить про його економічну доцільність у разі менш інтенсивного використання. Однак, для підприємств із більшими обсягами роботи більш продуктивний дозатор ДАМ може бути вигіднішим з огляду на підвищену продуктивність та надійність.

Висновки до розділу 5

У розділі розглянуто ключові аспекти забезпечення безпеки праці під час експлуатації дозаторів для насіння та проведено економічні розрахунки, які підтверджують ефективність запропонованих технічних рішень.

Встановлено, що дотримання правил безпеки при використанні дозаторів є критично важливим для збереження здоров'я працівників і безпечної експлуатації обладнання.

Запропоновано комплекс заходів з охорони праці, включаючи регулярний технічний огляд обладнання, використання засобів індивідуального захисту, встановлення аварійної сигналізації та організацію навчання персоналу. Особливу увагу приділено захисту працівників від шкідливих впливів хімічних речовин, які застосовуються у процесі знезараження насіння.

Розрахунки показали, що модернізація дозаторів забезпечує значне зниження експлуатаційних витрат завдяки покращенню енергоефективності та підвищенню надійності обладнання.

Проведено аналіз річних експлуатаційних витрат і амортизаційних відрахувань, що дозволило оцінити приведені витрати для різних типів дозаторів.

Встановлено, що дозатор Т1-ВРА-6А має нижчі річні витрати порівняно з дозатором ДАМ, однак вибір конкретного обладнання залежить від обсягу виробничих потреб.

Економічний ефект від модернізації підтверджує рентабельність запропонованих рішень, зокрема, за рахунок підвищення продуктивності і зменшення витрат на обслуговування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Магістерська робота на тему «Удосконалення дозатора вітамінних сумішей при виробництві комбікормів для тваринництва» виконана з метою створення ефективного та надійного дозатора, що забезпечує точне дозування вітамінних сумішей для підвищення якості комбікормів. У результаті проведених досліджень і розробок були досягнуті такі результати:

1. Проведено огляд існуючих конструкцій дозаторів, визначено їхні недоліки, зокрема недостатню точність дозування, високу енергозатратність та низьку надійність. Виявлено необхідність модернізації існуючих систем для підвищення ефективності та економічності процесу виробництва комбікормів.

2. Запропоновано вдосконалену конструкцію дозатора, що включає використання сучасних електронних компонентів для автоматизації процесу дозування. Реалізовано інтеграцію системи контролю та регулювання, що дозволяє забезпечити високу точність дозування із допустимою похибкою не більше 0,1%. Внесено пропозиції щодо застосування датчиків ваги, систем сигналізації аварійних режимів та інтелектуальних алгоритмів управління.

3. Виконано розрахунок технічних характеристик дозатора, зокрема, перепаду тиску в робочих каналах, міцності пружинного механізму, оптимальних параметрів силового обладнання та елементів захисту. Результати розрахунків підтвердили відповідність обраних конструктивних рішень вимогам надійності та безпеки.

4. Проведено випробування вдосконаленої моделі дозатора в умовах виробництва комбікормів. Досягнуто рівномірного розподілу вітамінних сумішей із високою точністю дозування. Досліджено вплив модернізованої конструкції на зниження енергоспоживання та підвищення продуктивності.

5. Виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень. Встановлено, що модернізований дозатор дозволяє скоротити витрати на технічне обслуговування та знизити собівартість продукції. Розраховано

термін окупності модернізації, який становить 1,5 роки, що свідчить про доцільність впровадження розробки в агропромисловому виробництві.

6. Розроблено рекомендації щодо безпечної експлуатації дозатора, що включають заходи із захисту працівників і навколишнього середовища. Внесено пропозиції щодо мінімізації впливу технологічного процесу на довкілля за рахунок використання екологічно безпечних матеріалів і компонентів.

7. Вдосконалена конструкція дозатора вітамінних сумішей для виробництва комбікормів дозволяє підвищити точність дозування, зменшити витрати ресурсів та підвищити продуктивність виробничого процесу. Запропоновані рішення мають значний потенціал для практичного впровадження в агропромисловій галузі та сприятимуть підвищенню ефективності виробництва комбікормів для тваринництва.