

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технології підготовки насіння буряків з
розробкою дозатора агрегату для дражування

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс
спеціальності _____

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Онофрюк В. І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Онофрьюку Віталію Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології підготовки насіння буряків з розробкою дозатора агрегату для дражування

Керівник роботи Бабій Андрій Васильович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» 01 2024 року № 4/7-62

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24.06.2024

3. Вихідні дані до роботи Продуктивність машини за годину основного часу 0,18 т/год; місткість бункера не менше 1,5 м³; габаритні розміри: висота 3400 мм, діаметр 1200 мм; приводний електродвигун 4A90L6У3(1M1081) ГОСТ 19523-81, потужність, номінальна 1,5 кВт, частота обертання номінальна 16,7 с⁻¹; дозатор тарілчастий, межі регулювання подачі порошкоподібних компонентів 0,025-0,5 кг/с, частота обертання тарілки не менше 0,3 с⁻¹; споживана потужність агрегатом не більше 6,75 кВт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз відомих технологій підготовки насіння.

2. Рекомендації з покращення технології підготовки насіння дражуванням.

3. Проектна частина.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки

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

Мета і завдання дослідження; Сушарка дражованого насіння.СК; Дозатор.СК;

Бункер. СК; Бункер новий. СК; Розрахункові схеми; Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз відомих технологій підготовки насіння.	03.05.24	
2.	Рекомендації з покращення технології підготовки насіння дражуванням.	17.05.24	
3.	Проектна частина.	03.06.24	
4.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	19.06.24	
5.	Загальні висновки	22.06.24	
6.	Графічна частина	24.06.24	

Студент _____
(підпис)

Бурдик Б.І.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Бабій А.В.
_____ (прізвище та ініціали)

Реферат

Мета і завдання дослідження – провести удосконалення технології підготовки насіння буряків при удосконаленні системи дозування робочого препарату.

Мета досягається шляхом модернізації агрегату для дражування насіння при розробці дозатора робочої суміші.

Мета реалізовується при вирішенні наступних завдань:

проведено аналіз технологій підготовки насіння;

встановлено умови розрахунку елементів зворушувача;

розраховано необхідний ресурс підшипників вала зворушувача;

розраховано ланцюгову передачу приводу;

розраховано підшипниковий вузол.

Об'єктом дослідження – технологічний процес підготовки насіння буряків.

Предмет дослідження – система дозування робочого препарату.

Практичне значення – проведене удосконалення машини для підготовки насіння буряків, а саме, системи дозування робочого препарату дозволяє підвищити якість дражування насіння та його посівну цінність в цілому.

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, використаної літератури та додатків.

Ключові слова. Технологічний процес підготовка насіння, дражування насіння, буряки зворушувач, підшипниковий вузол, система дозування.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ.....	7
1.1 Значення протруювання насіння в технологіях виробництва культур	7
1.2. Ефективність передпосівної обробки насіння	19
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	23
2. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ ДРАЖУВАННЯМ	24
2.1 Аналіз будови установки для обробки порошкоподібних компонентів при дражуванні насіння	24
2.2 Загальний опис та принцип дії	29
2.3 Будова і робота складових частин агрегату	34
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	41
3.1 Умови розрахунку елементів зворушувача	41
3.2 Розрахунок необхідного ресурсу підшипників вала зворушувача	43
3.3 Розрахунок ланцюгової передачі приводу	43
3.4 Розрахунок підшипникових вузлів.....	48
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	59
4.1 Можливі небезпеки при роботі агрегату для дражування насіння.....	59
4.2 Основні вимоги безпеки при підготовці насіння.....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66

ВСТУП

Технологія підготовки насіння буряків є важливим елементом у сільськогосподарській практиці, який впливає на забезпечення високих урожаїв та здоров'я рослин. Основна мета цього процесу полягає в тому, щоб забезпечити оптимальні умови для проростання насіння, а також підвищити його стійкість до різних зовнішніх чинників, таких як хвороби та шкідники.

Перш за все, підготовка насіння включає його очищення від домішок та пошкоджених зерен, що дозволяє підвищити якість посівного матеріалу. Чисте насіння забезпечує більш рівномірне та швидке проростання, що є ключовим для отримання здорових рослин.

Також важливим є оброблення насіння спеціальними речовинами, які захищають його від патогенів та шкідників. Це може включати фунгіциди чи інсектициди, які допомагають зменшити ризики розвитку хвороб та атаки комах у ранні періоди росту рослин.

Стратифікація — ще один метод, який застосовується для підготовки насіння буряків. Цей процес полягає у створенні умов, схожих на природні, які вимагають певних температурних режимів для активації зростання насіння. Така обробка може значно збільшити швидкість та якість проростання.

Враховуючи вищесказане, технологія підготовки насіння буряків відіграє ключову роль у забезпеченні здоров'я та продуктивності рослин, що, у свою чергу, впливає на економічну вигоду аграріїв. Вибір правильних методів і технологій є суттєвим для успішного вирощування буряків.

Адаптація технологій підготовки насіння до місцевих умов також має велике значення. Кожен регіон може мати свої особливості клімату, ґрунту та інших агроекологічних факторів, що вимагає індивідуального підходу до обробки насіння. Наприклад, в умовах підвищеної вологості може бути потрібно інтенсивніше використання фунгіцидів для запобігання розвитку грибкових захворювань.

Важливим аспектом є також використання сучасних технологій у підготовці насіння. Наприклад, застосування біотехнологій для покращення стійкості насіння до несприятливих умов або використання генетично модифікованих насінин, які можуть мати підвищену врожайність або стійкість до певних умов.

Ретельний контроль якості насіння перед посівом є ще однією важливою стадією. Це може включати лабораторні аналізи на життєздатність та чистоту насіння, які допомагають гарантувати, що лише найкраще насіння використовується для посіву. Такий підхід сприяє оптимізації врожайності та зниженню ризиків втрати урожаю.

Залучення сучасних знань та інноваційних технологій у процес підготовки насіння буряків відкриває нові можливості для аграріїв. Наприклад, цифрові технології дозволяють використовувати точні дані про стан ґрунтів, погодні умови та потреби конкретних сортів буряків для оптимізації процесу висіву насіння.

Таким чином, глибоке розуміння та застосування передових методів у підготовці насіння буряків може значно підвищити продуктивність сільськогосподарських практик, забезпечуючи не лише високі урожаї, але й здоров'я рослин, що є основою для стабільного розвитку аграрного сектору.

1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ

1.1 Значення протруювання насіння в технологіях виробництва культур

Цукрові буряки є високорентабельною сільськогосподарською культурою, проте їх вирощування вимагає точних знань, професійного підходу та значних інвестицій. Втім, високі витрати на насіння, засоби захисту рослин, сільськогосподарську техніку, паливо та добрива можуть зменшувати її прибутковість, іноді навіть доходючи до збитковості. У контексті інтенсивного землеробства лише 25% урожайності залежить від природної родючості ґрунтів та погодних умов. Водночас, внесення добрив може вплинути на 30-60% врожаю, якісне насіння - на 5-20%, а засоби захисту рослин - на 5-15%. Таке розподілення впливу на врожайність є результатом впровадження новітніх технологій, які дозволяють точно дозувати комплексні добрива, збалансовані за макро- та мікроелементами, відповідно до потреб кожного виду рослин.

Польща, незважаючи на свої порівняно бідні ґрунти в порівнянні з Україною, стабільно досягає високих показників урожайності цукрових буряків — 450-550 ц/га з цукристістю 17-19%. Країна також експортує цукор до інших європейських держав, включаючи Україну. Важливу роль у цьому відіграє збалансоване живлення рослин, яке не лише підвищує стійкість культур до негативного впливу зовнішніх факторів і патогенів, але й дозволяє економити кошти на захист рослин. Згідно з останніми практиками, економія на добривах часто призводить до необхідності витратити значно більше ресурсів на захист рослин і порятунок того врожаю, який забезпечує природа, що також веде до драматичного зниження родючості ґрунтів.

Традиційні методи та європейські технології вирощування цукрових буряків мають свої особливості, особливо з огляду на вплив на ґрунт. Цукрові буряки відомі високим споживанням поживних речовин із ґрунту. Якщо не

використовувати збалансоване добриво, ґрунт після вирощування цієї культури може значно збідніти. Високопродуктивні гібриди з-за кордону особливо чутливі до якості удобрення.

У традиційних українських практиках незбалансоване внесення добрив часто призводить до доброї урожайності, але зі зниженим вмістом цукру (15-16% замість потенційних 18-19%) та іншими незадовільними показниками, такими як транспортабельність та збереженість. Зазвичай перед сівбою вносять 30–100 тонн на гектар перегною і 200–500 кг на гектар нітроамофоски, з подальшим кореневим підживленням аміачною селітрою від 100 до 300 кг на гектар. Однак цей підхід не повноцінно задовольняє потреби рослин.

Згідно з правилом компенсації поживних речовин, які виносяться з урожаєм коренеплодів і листя, культурі необхідно забезпечити достатні кількості макро- та мікроелементів: 240 кг азоту, 90 кг фосфору, 370 кг калію, 240 кг кальцію, 85 кг магнію, 85 кг натрію, 25 кг сірки, а також 800 грамів бору, 150 грамів міді, 1500 грамів марганцю, 35 грамів молібдену, 900 грамів цинку на гектар (співвідношення елементів — 1N:0,38P2O5:1,54K2O:1Ca:0,37MgO:0,37Na:0,11SO4 + мікроелементи).

У процесі живлення цукрових буряків важливу роль відіграють макроелементи, такі як магній, натрій та сірка, а також мікроелементи бор і марганець, які є ключовими для накопичення цукру в коренеплоді. Ефективним джерелом поживних речовин є внесення 35 тонн гною на гектар, яке, згідно з даними (див. Рис. 1.1), забезпечує близько 30% від загальної потреби культури в поживних речовинах. Також можливо компенсувати нестачу органічних добрив за рахунок використання соломи попередніх культур із додаванням азоту у формі сечовини.

Цікавим аспектом є те, що доступність поживних елементів з органічних джерел мало залежить від зовнішніх умов, на відміну від елементів з мінеральних добрив, які стають доступними для рослин лише при температурах ґрунту від 12 до 25°C.

Вміст елементів, кг	Використання, %	Використання, кг
N, 175	40	70
P ₂ O ₅ , 105	20	21
K ₂ O, 210	45	95
Mg, 43	20	9
Ca, 126	30	38

Рисунок 1.1 – Усереднене використання елементів з 35 т/га гною

Ефективний початок розвитку та дружні сходи рослин можуть бути забезпечені завдяки застосуванню комплексу макро- та мікроелементів, а також стимуляторів росту і протруйників, внесених під час дражування або інкрустації насіння. Трирічні дослідження професора М. Долі з Національного аграрного університету, які проводились на 300 господарствах різних регіонів України на різноманітних культурах, показали, що використання інкрустації насіння стимулятором росту (2 мл 10% розчину Фумару та 3 літри ЖКУ Мультивіт на тонну насіння) сприяло зростанню урожайності на 10-30%. Додаткові витрати на таке оброблення насіння становили всього 36 гривень на тонну.

Внесення азоту може мати значний вплив на формування органічної маси, але вимагає обережності, оскільки надмірне його використання може погіршити якість урожаю. З ґрунту рослини можуть засвоювати приблизно 30-50 кг/га азоту, а внесення гною додає ще 50-60 кг/га. Тому передпосівне підживлення повинно забезпечити достатню кількість азоту, але не перевищувати загальний ліміт у 120 кг/га, оскільки перевищення цієї норми може призвести до затримки сходів, уповільнення розвитку рослин цукрових буряків та ризику висихання листя у фазі двох листків. Існує також ризик вимивання рано внесеного азоту.

Норма в 120 кг/га азоту вважається максимальною для легких піщаних ґрунтів. Для ґрунтів із середнім механічним складом оптимальна норма становить не більше 100 кг/га, а на ґрунтах з високим вмістом органічних речовин рекомендована доза знижується до 50 кг/га.

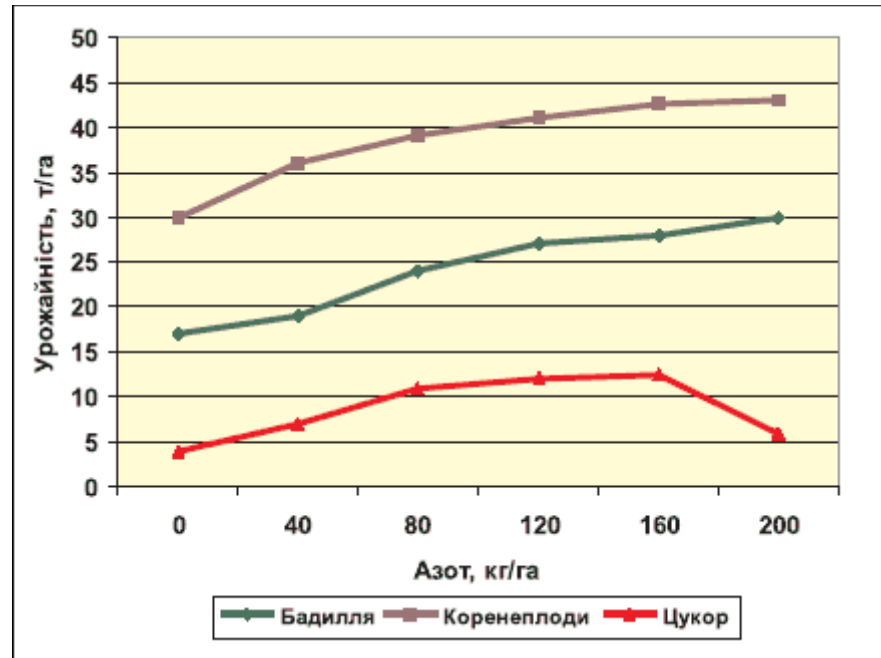


Рисунок 1.2 – Вплив азоту на збір цукру, врожайність коренеплодів та масу бадилля

У традиційних агротехнічних практиках поширено використання прикореневих підживлень азотом після формування 3-4 справжніх листків, дозуючи 200-300 кг аміачної селітри за одне або два внесення. Проте ефективність використання азоту за таких умов становить лише близько 30%, залежно від типу ґрунтів та погодних умов. Важливим негативним аспектом є зростання вмісту аміачного азоту в продукції, що ускладнює процес вилучення цукру під час переробки. Внаслідок цього, в багатьох європейських країнах високий рівень аміачного азоту призводить до фінансових штрафів на користь цукрових заводів.

З метою оптимізації врожаю цукру та зменшення ризиків, азотне живлення має певний пріоритет у використанні: переважно органічний азот, потім амідний, амонійний та в кінці селітровий. Отже, для планування ефективного азотного живлення цукрових буряків важливо: 1) використати

повний спектр азотних добрив згідно з їх впливом на накопичення цукру; 2) збільшити використання інших поживних елементів, які сприяють кращому засвоєнню азоту рослинами, тим самим знижуючи загальну потребу в азоті.

При низькій доступності азоту в ґрунті збільшується важливість його поглинання рослиною через листя, методом так званої поверхневої асиміляції. Цукрові буряки можуть ефективно асимілювати близько 50 кг/га амідного азоту з карбаміду, досягаючи 100% його засвоєння.

Порівнюючи ефективність застосування аміачної селітри для прикореневого підживлення та карбаміду для позакореневого, можна виділити наступне: використовуючи 175 кг/га аміачної селітри з вмістом 34% активної речовини, ґрунт збагачується на 59,5 кг азоту. З цього об'єму, з урахуванням коефіцієнта використання азоту у 35%, рослини засвоюють 20,7 кг/га азоту. Вартість азоту при цьому складає 157,5 гривень за гектар, виходячи з ціни 90 копійок за кілограм аміачної селітри. З іншого боку, при застосуванні 45 кг/га карбаміду, розділеного на три дози по 15 кг і розчиненого у 300 л води, рослини також отримують 20,7 кг/га азоту. Однак вартість азоту в цьому випадку становить лише 54 гривні за гектар, з огляду на ціну 1,2 гривні за кілограм карбаміду. Використання карбаміду для позакореневого живлення дозволяє економити 100 гривень на гектар, що можна витратити на додаткове позакореневе підживлення комплексом макро- та мікроелементів.

Фосфор та калій є життєво важливими елементами для агрокультур, особливо для цукрових буряків, які відомі своєю чутливістю до рівня фосфору в ґрунті. Ці буряки відзначаються підвищеною реакцією на фосфор, навіть якщо його концентрація в ґрунті нижча за 15 мг/л, що є типовим для карбонатних ґрунтів південних регіонів України. Через високий вміст кальцію, який може інгібувати абсорбцію фосфору рослинами, фосфорне добриво, таке як амофос з формулою NPK 12:52:0, стає незамінним.

Крім того, цукрові буряки потребують значних кількостей калію для максимізації урожайності, ідеальним джерелом якого є калій хлористий (NPK 0:0:60). На ґрунтах з достатнім або високим вмістом доступного фосфору

зазвичай використовується підтримуюче внесення фосфорних добрив, а їх разом з калієм рекомендується вносити восени або на початку зими.

Планування внесення добрив має базуватися на ґрунтових аналізах та цільовому співвідношенні елементів живлення, яке зазвичай становить 1:4 (одна частина фосфору до чотирьох частин калію), щоб оптимізувати харчування культури і максимізувати вихід продукції. Важливо враховувати індивідуальні потреби культур та специфіку ґрунтів для досягнення найкращих результатів урожайності.

Цукрові буряки унікально реагують на натрій у ґрунті, виявляючи підвищену чутливість до цього елемента, що особливо важливо для легких, сухих ґрунтів. Водночас на багатих органічними речовинами та вологих ґрунтах натрій відіграє менш вирішальну роль. Важливість натрію полягає в його здатності оптимізувати розподіл вологи в рослині, що критично у регіонах з обмеженими опадами або під час сухих періодів. Натрій також сприяє ранньому розвитку листової поверхні та позитивно впливає на розподіл цукрів між листям та коренеплодом, забезпечуючи їх більше накопичення в коренеплоді. Це спостерігається особливо при концентрації натрію в ґрунті менше 20 мг/л, коли додаткове внесення цього елемента може значно підвищити урожайність та цукристість буряків.

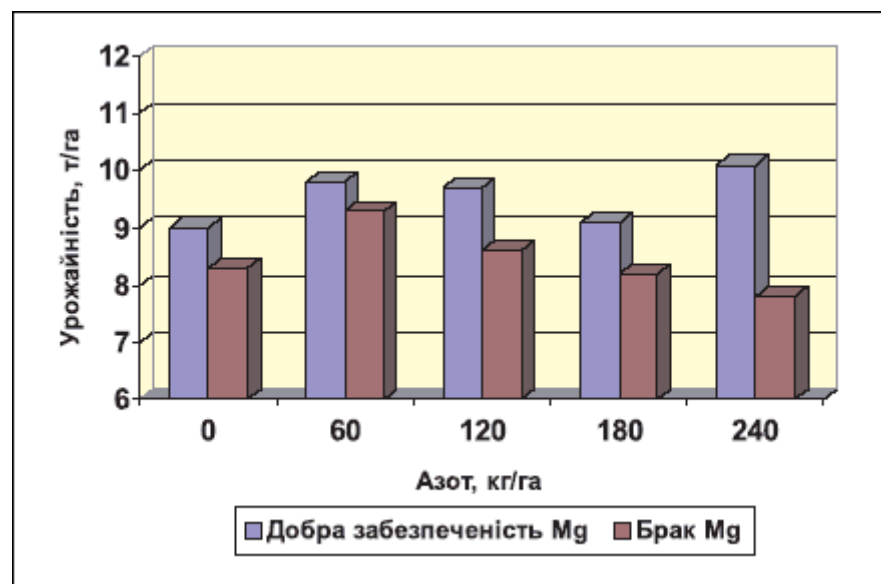


Рисунок 1.3– Вплив магнію на ефективність азотного живлення при вирощуванні цукрових буряків

Крім того, магній відіграє незамінну роль у фотосинтезі, оскільки є центральним атомом молекули хлорофілу. Це безпосередньо впливає на ріст маси коренеплоду і концентрацію цукру в ньому. Магній також важливий для засвоєння рослинами азоту, що додатково підсилює його значення для аграріїв. Балансування рівня магнію в раціоні цукрових буряків є більш вигідним для збільшення вмісту цукру, ніж просте регулювання азоту. Тому необхідно уважно стежити за достатнім споживанням магнію рослиною на всіх етапах її росту, зокрема від початку вегетації до піку накопичення цукру в коренеплоді. Враховуючи це, агрономи повинні регулярно забезпечувати рослини магнієм як через ґрунт, так і через листові підживлення для оптимального розвитку та врожайності.

Для ґрунтового додавання магнію агрономи часто використовують добрива, такі як калімагnezія та магній сірчаноокислий. Цукрові буряки особливо позитивно відгукуються на позакореневе підживлення магнієм, особливо коли знижена освітленість або температура ґрунту падає нижче 12°C, що обмежує його доступність через кореневу систему. Це підживлення може значно підвищити ефективність абсорбції магнію, що важливо для процесу фотосинтезу та накопичення цукру в коренеплодах.



Рисунок 1.4 – Ознаки браку азоту

Також величезну роль у розвитку рослин відіграє кальцій, споживання якого може бути порівнянне зі споживанням азоту. Кальцій критично важливий для розподілу та росту клітин, а також стабілізує процеси їхнього формування та живлення. Недостатність кальцію призводить до різних фізіологічних розладів, зокрема до кореневої гнилі та чорної ніжки, що сповільнює зростання рослин та порушує їх живильний баланс.

З самого раннього етапу розвитку, від проростання насіння, кальцій необхідний для нормальної мобілізації вуглеводів і азотистих речовин. На пізніших стадіях розвитку кальцій важливий для нормального вуглеводного та азотного обмінів, його брак може затримувати перетворення нітратів у аміак у тканинах рослин, що гальмує метаболічні процеси. Дефіцит кальцію також негативно впливає на якість коренеплодів, спричиняючи їх розтріскування, що особливо стає помітно під час збирання, транспортування та зберігання урожаю. Високоврожайні гібриди іноземної селекції є особливо чутливими до нестачі кальцію, тому важливо забезпечувати достатнє його постачання для оптимального розвитку рослин.

Нестача кальцію серйозно впливає на якість коренеплодів, спричиняючи їх розтріскування, що стає особливо відчутним під час збирання, транспортування та зберігання урожаю. Високоврожайні гібриди іноземної селекції виявляють особливу чутливість до дефіциту цього мінералу. В Україні, хоча традиційно кальцій вносять під час вапнування ґрунтів, позакореневе підживлення, таке як застосування кальцієвої селітри або добрива "Цеовіт Кальцій + мікро" за 2–3 тижні до збору урожаю, може бути значно ефективнішим. Такий метод не тільки забезпечує рослини необхідним азотом, який не заважає акумуляції цукрів, але й значно покращує якість та тривалість зберігання коренеплодів, завдяки вмісту мікроелементів і кальцію.

Сірка також відіграє ключову роль у синтезі білка і підвищує ефективність використання амідного азоту. Її недолік, аналогічно до дефіциту азоту, може призвести до руйнування хлорофілу та збільшення ризику розвитку грибних захворювань. Забезпечення адекватної подачі мікроелементів є

критично важливим для отримання високих урожаїв, адже вони відіграють вирішальну роль у підтримці життєвих функцій рослини та оптимізації використання інших поживних речовин. Для цукрових буряків особливо важливі такі мікроелементи, як бор та марганець, які сприяють кращому розвитку рослин та збільшенню вмісту цукру у коренеплодах.

Бор є життєво важливим мікроелементом для рослин, хоча потрібен лише у невеликих кількостях. Він грає ключову роль у білковому та вуглеводному обміні, сприяє правильному заплідненню і підвищує стійкість рослин до бактеріальних інфекцій. Дефіцит бору може критично вплинути на розвиток репродуктивних органів, призупинити ріст коренів та надземних частин, а також призвести до відмирання точок росту через зупинення поділу клітин молодої тканини. Серед інших негативних наслідків — гниль серцевини коренеплодів, порожнистість та значне зниження урожайності, іноді до 50%. Симптоми дефіциту бору часто виявляються як жовті та червонуваті плями на листках, їхнє почорніння, висихання центральних листків, відмирання точки росту, поздовжні тріщини на черешках, закручування листків, а також сухі виразки у верхній частині коренеплоду.



Рисунок 1.5 – Ознаки браку бору

Марганець, з іншого боку, є важливим для багатьох біохімічних процесів у цукрових буряках, включно з активацією ферменту нітратредуктази, який є критичним для асиміляції нітратів і синтезу білків. Він бере участь у процесах фотосинтезу, відновних реакціях та виділенні кисню. Марганець також сприяє збільшенню вмісту цукрів і хлорофілу у рослині, зміцнює зв'язки хлорофілу з білками, покращує переміщення цукрів з листя до коренеплодів, підсилює дихання та стимулює загальний розвиток рослини. Марганець також відіграє важливу роль у транспортуванні фосфору від старшого листя до молодих частин рослини і репродуктивних органів, підвищує здатність тканин зберігати воду та зменшує транспірацію.

При недостатності марганцю рослини можуть проявляти такі симптоми, як хлороз і плямиста жовтяниця, які здатні знизити урожайність на 30%. Ці симптоми відображаються у вигляді світлих плям на листках, що є свідченням порушення фотосинтезу та загального метаболізму рослини.

Молібден відіграє критичну роль у процесах метаболізму рослин, сприяючи ефективному засвоєнню азоту і підвищуючи інтенсивність фотосинтезу. Цей мікроелемент допомагає рослинам адаптуватися до умов низьких температур і слабкого освітлення, забезпечуючи нормальне фотосинтезування. Нестача молібдену часто проявляється як блідість листя, що свідчить про низький рівень хлорофілу, а також може призвести до деформації листових жилок, хлорозу, жовтіння і відмирання листя.

Позакореневе живлення рослин стає вирішальним у мінімізації стресу, викликаного негативними зовнішніми умовами, такими як посуха, температурні аномалії, непридатність вологісного режиму ґрунту чи повітря, висока щільність та погана аерація ґрунту, а також високий рівень рН і наявність іонів-антагоністів та органічних речовин. Це живлення дозволяє рослинам краще адаптуватися і ефективніше засвоювати поживні речовини, особливо коли їх доступність у ґрунті обмежена цими стресовими умовами.

Застосування позакореневого підживлення дозволяє рослинам зменшувати залежність від якості субстрату та коливань температур, сприяючи їх кращій адаптації до змін у зовнішньому середовищі та підтримуючи стабільне живлення навіть у складних умовах. Такий метод живлення є критично важливим упродовж усього вегетаційного періоду, особливо коли швидке внесення ґрунтових добрив є неможливим.

Своєчасне позакореневе підживлення допомагає знижувати стрес, викликаний природними аномаліями, підтримує кореневе харчування, сповільнює процеси старіння рослин і сприяє формуванню урожаїв високої якості. Наприклад, дослідження, проведене польським Інститутом буряківництва у 1997 році, підтвердило значний вплив рідких комплексних добрив на якість та кількість коренеплодів. Використання добрив, що містили азот, магній та комплекс мікроелементів з бором, забезпечило збільшення кількості коренеплодів на 5,4%, підвищення їх розміру на 9,3%, зростання вмісту біологічного цукру на 10,6%, покращення показників технічного цукру на 1,3% і зниження вмісту шкідливого азоту на 2,9%, що відіграло значну роль у підвищенні якості промислового цукру. Такі підходи демонструють, що позакореневе підживлення може відіграти ключову роль у вирішенні нутріційних викликів і підвищенні загальної продуктивності рослин.

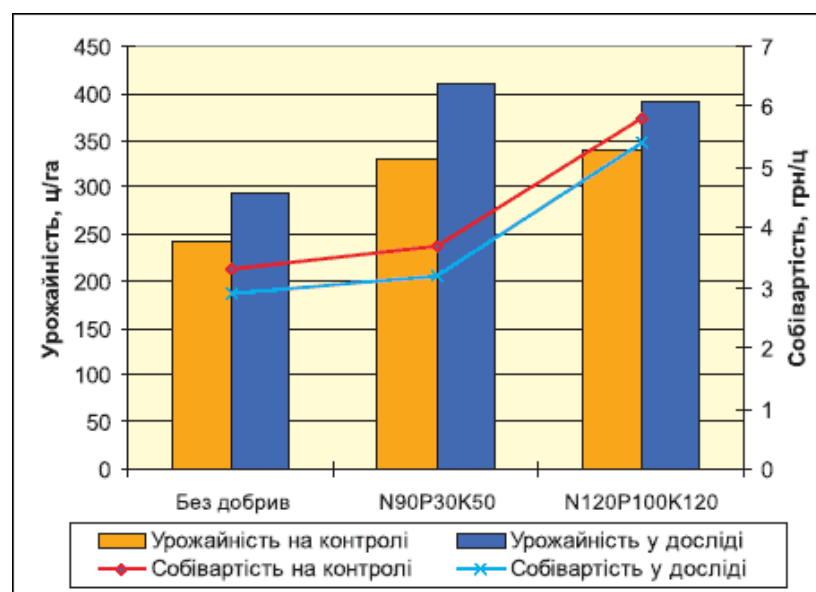


Рисунок 1.6 – Ефективність позакореневого живлення на фоні різних норм внесення добрив у ґрунт

Дослідження, кероване професором Е. Дегодюком з Інституту землеробства, було спрямоване на аналіз ефективності позакореневого підживлення рослин за різних рівнів внесення ґрунтових добрив: від повної відсутності до повної норми, з контрольною ділянкою без позакореневого підживлення. Згідно з даними дослідження, найкращі результати урожайності були досягнуті на ділянках з внесенням 50% від рекомендованої норми ґрунтових добрив, доповнених позакореневим підживленням.

На ділянках, де застосували дворазове позакореневе підживлення з використанням 1,5 л/га добрива "Цеовіт магній + мікро", 4 л/га "Цеовіт плодоношення" та 15 кг/га сечовини, було досягнуто значних урожаїв — 410 ц/га при оптимальних витратах, становлять 3,2 грн/ц. Це значно перевершує показники контрольної ділянки, де при 50% нормі внесення ґрунтових добрив врожайність склала 330 ц/га. Витрати на позакореневе підживлення склали 165 грн/га, у порівнянні з 600 грн/га за внесення добрив у ґрунт. Такі показники ефективності позакореневого живлення були також підтверджені в інших дослідженнях при промисловому вирощуванні різноманітних сільськогосподарських культур. Ці результати підкреслюють значення позакореневого живлення як вартісно-ефективного способу оптимізації урожайності та зменшення залежності від стану ґрунту та зовнішніх умов.

Внесення добрив і препаратів	Церкоспороз, %	Борошниста роса, %	Урожайність, т/га	Цукор, %
Контроль (добрива традиційні)	68,5	54,6	49,5	16,4
+ полісульфід натрію, 0,5%	39,7	16,5	54,8	17,1
+ полісульфід натрію, 0,5% + "Цеовіт мономідь", 1л/га	23,2	19,3	51,3	17,1
+ полісульфід натрію, 0,5% + Фундазол, 0,2 кг/га	6,6	49	54,7	17,7

Рисунок 1.7 – Вплив полісульфіду натрію на врожайність і стійкість проти хвороб

При промисловому вирощуванні цукрових буряків у селі Михайлівка, Кам'янського району Черкаської області, впровадження двох позакорневих обробок значно збільшило урожайність. Перша обробка була здійснена після змикання рядків і включала застосування 9 л/га добрива Еколист РК-1, 4 л/га

полісульфіду натрію та 5 кг/га сечовини. Через три тижні настала черга для застосування 6 л/га добрива "Кальцій + мікро". Ці заходи привели до збільшення урожайності коренеплодів на додаткові 60 ц/га та зростання цукристості на 2%, крім того, сприяли покращенню інших якісних показників. Кожне з цих додаткових втручань забезпечило підвищення урожайності та якості продукції цукрових буряків щонайменше на 5%.

Традиційна	Європейська	Зміна собівартості
Осіньне внесення фосфору й калію на 100% потреби врожаю	Осіньне внесення фосфору й калію на 50% потреби врожаю	-500 грн/га
—	Внесення азоту із соломою	+100 грн/га
Весняне внесення аміачної селітри, 100 кг/га	—	-90 грн/га
—	Протруювання насіння і додавання стимулятора з макро- й мікроелементами	+ 1 грн/га
Прикореневе внесення аміачної селітри, 200 кг/га — 180 грн/га	Позакореневе триразове внесення: карбамід, 45 кг/га — 54 грн/га; макро- й мікроелементи — 190 грн/га	+64 грн/га
Економічний ефект	Економічний ефект	-335 грн/га

Рисунок 1.8 – Порівняння ефективності традиційної та європейської технології вирощування цукрових буряків

Протягом трьох років дослідження, проведені Інститутом цукрових буряків, підтвердили важливість натрію та колоїдної сірки у збільшенні врожайності та стійкості рослин до хвороб. Результати досліджень вказують на значний потенціал застосування передових європейських технологій та оптимального дозування добрив у зниженні витрат, підвищенні урожайності та якості цукрових буряків, а також у зростанні рентабельності виробництва цукру. Ці дані підкреслюють необхідність інтегрованого підходу до живлення рослин, що включає точне дозування поживних речовин та використання інноваційних агротехнологій для досягнення найкращих результатів.

1.2. Ефективність передпосівної обробки насіння

Ключовим аспектом якісного посіву та забезпечення дружніх сходів цукрових буряків є використання насіння, підготовленого з використанням сучасних методів і обладнання. Інкрустація та дражування насіння є найбільш

розповсюдженими та перспективними методами обробки, які дозволяють регулювати швидкість проростання насіння та підвищувати врожайність.

Ці процедури надають насінню комплекс властивостей, необхідних для забезпечення рівномірних і своєчасних сходів. Вони включають використання сучасних матеріалів і прогресивних препаратів для захисту рослин, що згодом сприяє реалізації потенціалу інтенсивних агротехнологій вирощування цукрових буряків.

Визначення інкрустованого та дражованого насіння, що використовуються в багатьох зарубіжних насінневих компаніях, мають певні відмінності від стандартів, що прийняті в Україні:

ІНКРУСТОВАНЕ НАСІННЯ – це насіння, яке покрите одним або кількома шарами матеріалів, що модифікують його первісну форму та розміри, значно збільшуючи масу. Інкрустоване насіння часто містить біологічно активні речовини, барвники для легшої ідентифікації, пестициди та інші добавки. Це насіння характеризується точним дозуванням активних інгредієнтів і оптимізовано для "точного висіву – мінімальної потреби в волозі для проростання", що робить його ідеальним для використання у валкових сівалках точного висіву, а також у механічних сівалках.

ДРАЖОВАНЕ НАСІННЯ – це інкрустоване насіння, додатково покрите оболонкою з органо-мінеральних сумішей та інших інертних матеріалів. Завдяки цій оболонці насіння набуває майже ідеальної кульової форми, діаметр якої трохи більший за максимальний розмір оригінального насіння, і значно збільшується в масі. Дражоване насіння забезпечує ідеальні умови для точного висіву за допомогою сівалок точного висіву та механічних сівалок.

Ключові характеристики оболонки насіння включають співвідношення її маси до маси насінини, міцність, пористість, вологоємкість та концентрацію солей. Оболонка складається з інертних наповнювачів та активних інгредієнтів, таких як інсектициди, фунгіциди, стимулятори росту та мікроелементи, які фіксуються на насініні за допомогою води та зв'язуючих речовин, що не взаємодіють хімічно. Така оболонка забезпечує адекватну аерацію під час

зберігання, витримує механічне навантаження під час сівби, але легко розчиняється в умовах ґрунтової вологи.

Для виготовлення оболонок використовуються такі наповнювачі, як селіт, монтморилоніт, вермикуліт, бентоніт, целюлоза, корок, торф, крейда, пісок або їхні комбінації. Вибір матеріалів залежить від технічних особливостей обладнання для дражування та бажаних властивостей оболонки.

Існує кілька методів формування інкрустованого та дражованого насіння. Один із способів включає змішування фунгіцидів та інсектицидів з наповнювачем та їх нанесення на насіння. Більш досконалим є метод пошарового нанесення засобів захисту, який дозволяє точніше контролювати розподіл інгредієнтів на насініні. Схематичне розташування шарів інгредієнтів на насініні цукрового буряку можна побачити на рисунку 1.9.

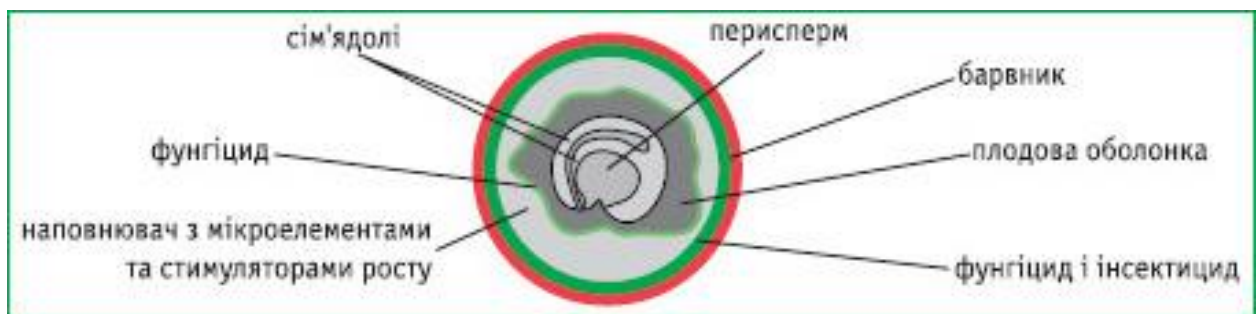


Рисунок 1.9 –Схема розташування шарів інгредієнтів на насініні цукрового буряку

Процес дражування насіння, який застосовується на ТОВ "Рівненський насіннєвий завод (Євронасіння)", включає декілька послідовних етапів. Спочатку відбирається насіння високої якості, яке потім калібрується за розміром і питомою вагою. Для захисту плодової оболонки насіння від шкідливих організмів воно обробляється фунгіцидами. Після цього насіння поміщається в дражиратор, де чергують змочування поживними розчинами та добавлення дражувальних матеріалів, формуючи таким чином оболонку необхідної товщини та міцності. Оболонку додатково обробляють фунгіцидами і інсектицидами. Завершальними кроками є сушіння, повторне калібрування та пакування інкрустованого або дражованого насіння.

Застосування інкрустованого і дражованого насіння має такі переваги порівняно з традиційними методами:

- точний висів 1.3...1.7 п.о./га;
- точне розміщення насіння у ґрунті, уникнення подвоєння насінин;
- створення ідеальних умов для проростання;
- зменшення фітотоксичної дії засобів захисту через віддалене їх нанесення;
- ефективний захист проростків від патогенів у ґрунті та на поверхні насіння;
- захист насіння від низьких температур, що дозволяє здійснювати ранні посіви;
- подовження періоду захисту від хвороб і шкідників;
- включення в дражувальну масу мікроелементів та стимуляторів росту для активізації росту насіння;
- можливість візуального контролю насіння в ґрунті.

Все більше виробників цукрових буряків вдаються до використання інкрустованого та дражованого насіння, забезпечуючи таким чином зростання рентабельності на 12...20%. У відповідь на зміни кліматичних умов в Україні, ТОВ "Міжнародна насіннева компанія" запустила нову сучасну лінію з підготовки інкрустованого та дражованого насіння за технологією німецької компанії "KWS".

Це унікальне обладнання дозволяє виробляти насіння з точно вимірними параметрами за дозуванням інгредієнтів, що мінімізує пошкодження насіння під час обробки. Співвідношення маси насіння до маси оболонки може варіюватися, забезпечуючи оптимальну вологість для проростання. Гладка, кулеподібна поверхня насіння забезпечує кращий контакт з ґрунтовою вологою. Насіння, вироблене на ТОВ "Рівненський насінневий завод (Євронасіння)", володіє всіма перевагами цих методів підготовки, зокрема високою сипучістю, стабільністю хімічних інгредієнтів, відсутністю пилу, що сприяє екологічній безпеці. Якість такого насіння відповідає всім нормативним вимогам державного стандарту України.

Таким чином, питання удосконалення машин для передпосівної обробки насіння стає дедалі актуальнішим, оскільки від якості насіння безпосередньо залежить врожайність.

1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Недолік базової конструкції бункера вказаної машини полягає у нездатності самоочищення його стінок, що призводить до накопичення препарату на них. Це може спричинити втрати та неповністю якісне оброблення препаратом насіння овочевих культур. Одним з вирішень цієї проблеми є встановлення в бункері спеціального зворушувача. Цей пристрій забезпечує примусове очищення стінок бункера від залишків препарату.

Механізм зворушувача працює наступним чином: крутний момент, створений електродвигуном, передається через пасову передачу до черв'ячного редуктора, який ланцюговою передачею зв'язується з валом зворушувача. Останній обертає кулачок, в пазах якого рухаються планки - важелі зворушуючого механізму. Ці важелі здійснюють зворотно-поступальні рухи, натискаючи на стінки бункера та забезпечуючи їх очищення.

Завдяки примусовому очищенню стінок бункера досягається повне використання робочого препарату, що сприяє ефективнішій обробці насіння. Для досягнення цієї мети необхідно виконати ряд розрахунків, включаючи встановлення потужності зворушувача, визначення сил і моментів, які діють на його складові механізми, розрахунок ресурсу роботи підшипників, а також аналізу пасової передачі та розрахунку вала зворушувача. Тільки після виконання цих розрахунків можна забезпечити оптимальну ефективність роботи зворушувача та впевнену роботу системи обробки насіння.

Тема кваліфікаційної роботи «Удосконалення технології підготовки насіння буряків з розробкою дозатора агрегату для дражування».

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ ДРАЖУВАННЯМ

2.1 Аналіз будови установки для обробки порошкоподібних компонентів при дражуванні насіння

Установка для підготовки порошкоподібних компонентів є ключовим елементом в технологічному процесі дражування насіння. Її основне призначення полягає в прийманні, дозованій подачі матеріалів у просіювач, їх змішуванні та просіюванні. Після цього просіяні компоненти накопичуються і подаються у дражиратор для подальшого нанесення на насіння. Установка забезпечує автоматичне припинення процесу просіювання, коли накопичувачі заповнені, забезпечуючи ефективне управління матеріальними потоками.

Цей агрегат є частиною комплексу обладнання для дражування насіння овочевих культур, дозволяючи оптимізувати та автоматизувати процес підготовки порошкоподібних компонентів, що в кінцевому підсумку підвищує якість та однорідність готового продукту.

Таблиця 2.1 – Основні параметри і характеристики агрегату

Найменування	Значення
1. Тип	стаціонарний
2. Управління технологічним процесом	автоматичне
3. Продуктивність за 1 год. основного часу, не менше	0,18 т/год
4. Маса суха (конструкційна) з повним комплектом робочих органів і пристосувань, не більше	2210 кг
5. Число персоналу, по професіях, необхідного для обслуговування операцій, безпосередньо пов'язаних з роботою агрегату	1

Продовження табл. 2.1

6. Число місць мастила	11 шт.
7. Елементи автоматики:	
1) датчиків	4 шт.
2) систем	2 шт.
8. Характеристика основних складальних одиниць:	
1) пристрій завантажувальний	
габаритні розміри, мм не більше	
довжина	900
ширина	740
висота	2050
2) бункер	
місткість, не менше	1,5 м ³
габаритні розміри, мм не більше	
висота	3400
діаметр	1200
двигун	
тип	4A90L6Y3(1M1081) ГОСТ 19523-81
потужність, номінальна	1,5 кВт
частота обертання, номінальна	16,7 с ⁻¹
редуктор	
тип	Ч-80-50-52-1-1-У3 ГОСТ 25456-82
3) дозатор	
тип живильника	тарільчатий
габаритні розміри, мм не більше	
довжина	800
ширина	650
висота	1080

Продовження табл. 2.1

Межі регулювання подачі	
порошкоподібних компонентів	0,025-0,5 кг/с
частота обертання тарілки, не менше	0,3 с ⁻¹
двигун	
тип	4А71А4У3(1М1084) ГОСТ 19523-81
потужність, номінальна	0,55 кВт
частота обертання, номінальна	25 с ⁻¹
редуктор	
тип	2Ч-80-80-51-1-1-У3 ТУ 2.056-177-79
4) дозатор	
тип живильника	тарілчастий
габаритні розміри, мм не менше	
висота	660
діаметр	400
межі регулювання подачі, кг/с	
вапнякової муки	0,0045-0,0135
частота обертання тарілки, не менше	0,13 с ⁻¹
двигун	
тип	4А71В6У3(1М1081) ГОСТ 19523-81
потужність; номінальна .	0,55 кВт
частота обертання, номінальна	16,7 с ⁻¹
редуктор	
тип	Ч-80-63-51-1-1-У3 ГОСТ 25456-82
5) просіювач	
тип	барабанний

Продовження табл. 2.1

габаритні розміри, мм не більше	
довжина	2400
ширина	1100
висота	2300
частота обертання барабана, не менше	0,81 с ⁻¹
двигун	
тип	4A71A4Y3(1M1081) ГОСТ 19523-81
потужність номінальна	0,5 кВт
частота обертання, номінальна	25 с ⁻¹
редуктор	
тип	2Ч-63-20-52-1-2-У3 ТУ 2.056-177-79
9. Енергетичні показники: кВт	
привід	електричний
напруга	380 В
споживана потужність, не більше	6,75 кВт
10. Оперативна трудомісткість монтажу агрегату на місці його застосування, не більше	200 чол. год
11. Основні показники якості виконання технологічного процесу:	
межі регулювання подач, кг/с:	
1 торфу	0,025-0,5
вапнякової муки	0,0045-0,0135
суміші торфу і вапнякової муки	0,025-0,5
12. Показники надійності:	
1) середньозмінний оперативний час технічного обслуговування, год не більше	0,15

Закінчення табл. 2.1

2) оперативна трудоемкість, щозмінного технічного обслуговування, чол. год не більше	0,12
3) трудомісткість щомісячного технічного обслуговування, чол. год не більше	0,15
4) питома сумарна оперативна трудомісткість технічного обслуговування, чол. год/год не більше	0,02
5) питома сумарна оперативна трудомісткість усунення відмов, чол. год/год не більше	0,042

Конструкція та робота агрегату

Агрегат для підготовки порошкоподібних компонентів включає в себе ряд складових елементів:

- **Перехідник:** Пристрій для сполучення різних частин установки.
- **Бункер:** Ємність для зберігання матеріалів перед подачею.
- **Дозатори:** Використовуються для точного дозування матеріалів.
- **Шафа:** Забезпечує зберігання інструментів або документації.
- **Рама:** Структурний елемент, на якому кріпляться інші компоненти.
- **Завантажувальний пристрій:** Для подачі матеріалів у машину.
- **Зворушувач:** Забезпечує перемішування матеріалів для рівномірного дозування.
- **Лійка та рамка:** Для спрямування і підтримки матеріалів в процесі.
- **Просіювач:** Використовується для відділення дрібних часток.
- **Показчик рівня з крильчаткою УКМ У2:** Візуальне та механічне відображення рівня матеріалів.
- **Комплект запасних частин:** Для заміни зношених або пошкоджених деталей.

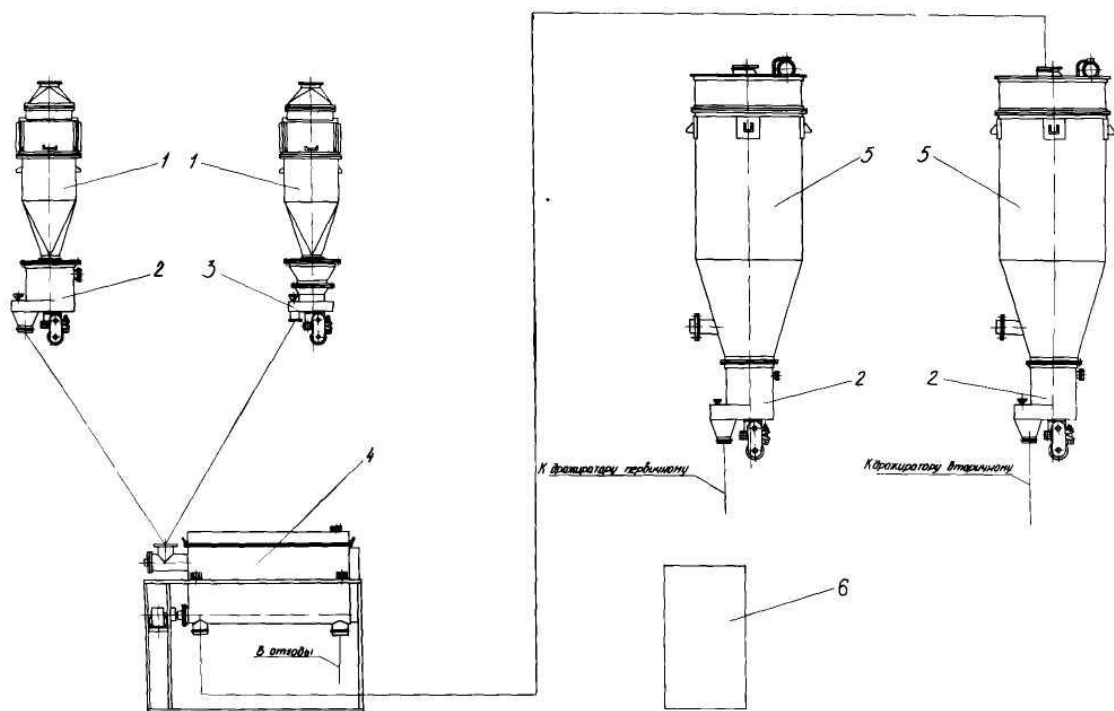
2.2 Загальний опис та принцип дії

Агрегат розміщений у закритому приміщенні на стаціонарній основі, що складається з окремих складальних одиниць. Привід усіх механізмів агрегату здійснюється від електродвигунів.

Технологічний процес включає наступні етапи:

1. Завантаження і дозування торфу і вапнякової муки.
2. Просівання і змішування торфу і вапнякової муки.
3. Транспортування і заповнення бункерів масою для дражування.
4. Дозування і подача маси для дражування в агрегат дражування.

Ця установка дозволяє забезпечувати точність і ефективність у підготовці матеріалів, необхідних для дражування насіння.



1 - пристрій завантажувальний ; 2 – дозатор 1; 3 – дозатор 2; 4 – просіювач; 5 – бункер; 6 – шафа

Рисунок 2.1 – Агрегат підготовки порошкоподібних компонентів

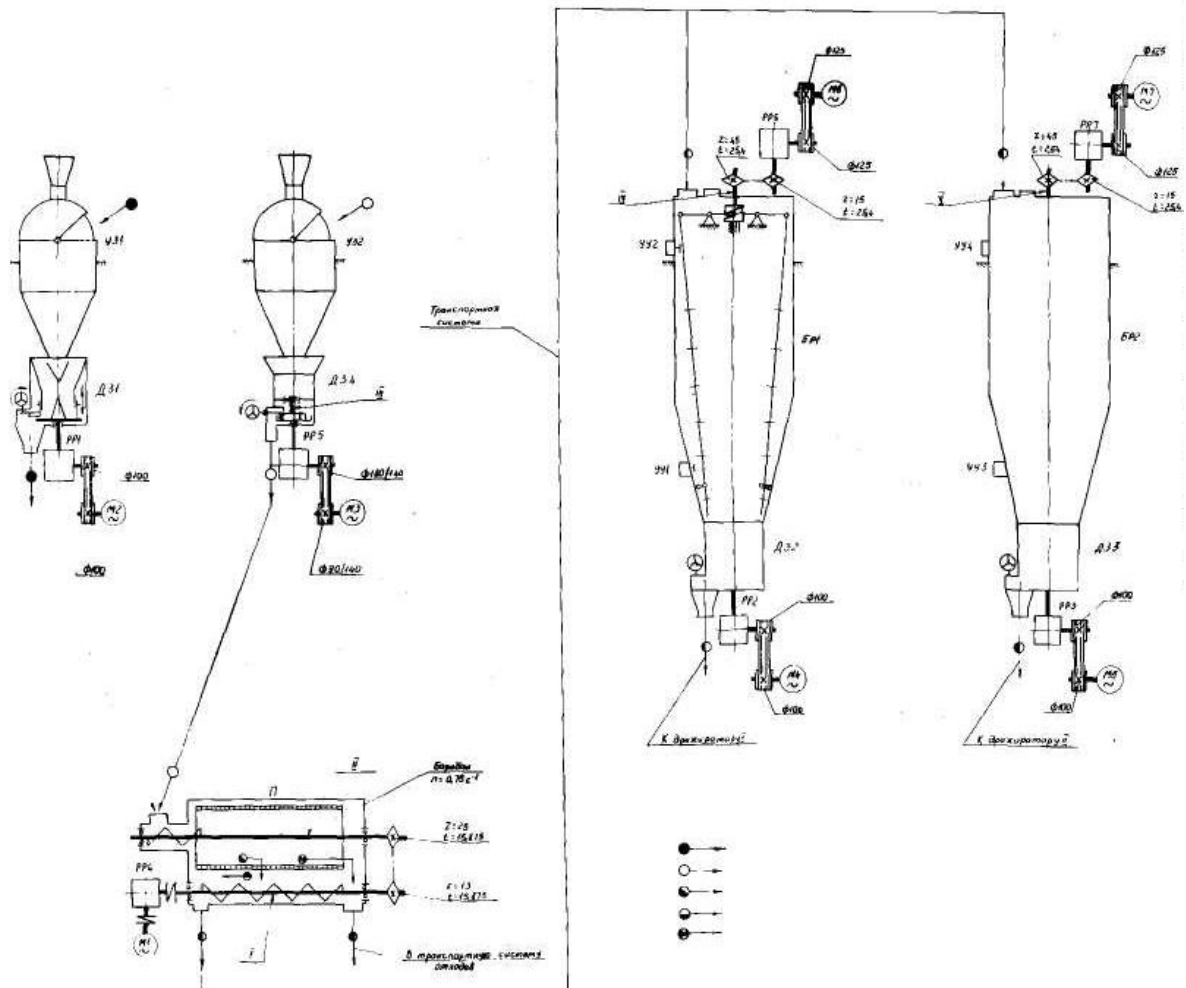


Рисунок 2.2 – Схема комбінована принципова

Процес технологічної підготовки відбувається наступним чином (див. рис. 2.1). Торф і вапнякова мука спочатку завантажуються через завантажувальні пристрої У31 та У32. Після цього, вони подаються в міру необхідності дозаторами Д31 і Д34, кількість залежить від кислотності торфуги (див. табл. 2.2).

Далі, дозовані торф і вапнякова мука потрапляють у просіювач П, де відбувається їхнє перемішування і розділення на дві фракції. Фракція з розміром частинок понад 0,5 мм направляється у систему відходів, тоді як дрібніша фракція переходить у накопичувальні бункери БР1 і БР2.

З цих бункерів, дражировочна маса подається дозаторами Д32 і Д33 до агрегату дражування, де вона використовується для покриття насіння.

Таблиця 2.2 – Кислотність торфу

Торф	Норма витрати вапнякової муки на 1 кг абсолютно сухого торфу, кг
РН 6,3 – 6,0	0,010 – 0,013
РН 5,8 – 4,8	0,025 – 0,03

Функціонування електричної схеми

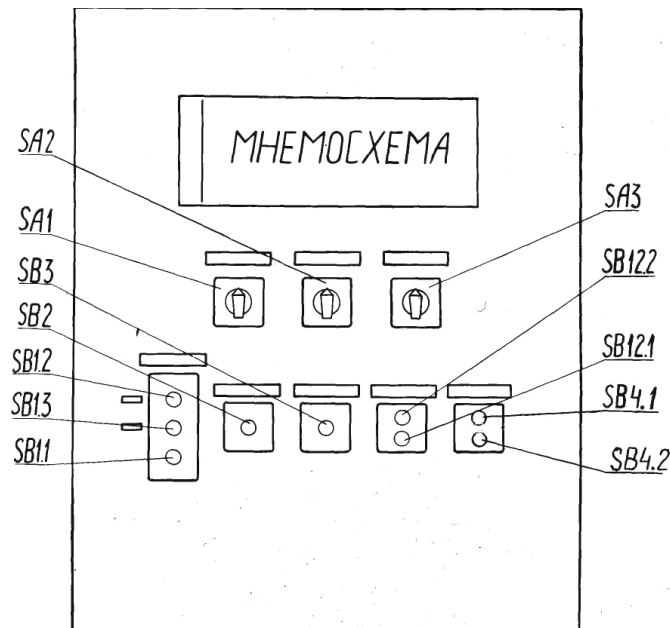
Електрична схема, розроблена з використанням апаратури сильного струму, інтегрує вибір режимів управління механізмами через перемикачі А1 та А3, розташовані на дверях управлінської шафи (див. рис. 2.3). Визначення режиму управління механізмами відбувається залежно від положення цих перемикачів.

- **М** (місцеве або ремонтне управління): У цьому режимі управління механізмами здійснюється локально без будь-яких блокувань з іншими механізмами, використовуючи місцеві кнопкові пости.
- **О** (відключено): У цьому стані подача електроенергії 220В до ланцюга управління механізмами переривається, що забороняє запуск будь-яких механізмів.
- **Д** (дистанційне автоматизоване управління): У цьому режимі оператор вручну вводить команди (вибір накопичувача для заповнення порошками, запуск або зупинка ділянки), після чого система автоматично виконує задані команди.

Ця схема управління забезпечує гнучкість в роботі з обладнанням, дозволяючи ефективно реагувати на зміни в оперативному середовищі та потребах виробництва.

Способи і засоби регулювання.

Кількість порошкоподібного компоненту, що подається, і вапнякової муки в просіювач регулюється за допомогою дозаторів порошковидних компонентів Д31 і Д34.



- SA1 - перемикач управління "М"- "О"- "Д" механізмів маршруту;
- SA2 - вимикач роботи "Откл."-"Вкл." дозатора вапнякової муки.;
- SA3 - перемикач управління "М"- "О"- "Д" транспортера подачі мішків;
- SB1.2 - накопичувач № 1 для завантаження;
- SB1.3 - накопичувач № 2 для завантаження;
- SB1.1 - "Стоп" маршруту;
- SB2 - "Пуск" маршруту;
- SB3 - випробування передпускової сигналізації;
- SB4.1 - знімання аварійного звукового сигналу;
- SB4.2 - випробування аварійного звукового сигналу;
- SB12.2 - кнопка пуску транспортера подачі мішків;
- SB12.1 - кнопка зупинки транспортера подачі мішків

Рисунок 2.3 – Схема розташування органів управління

Кількість маси для дражування, що подається, в агрегат дражування регулюється за допомогою дозаторів Д32 і Д33.

Методи та системи моніторингу

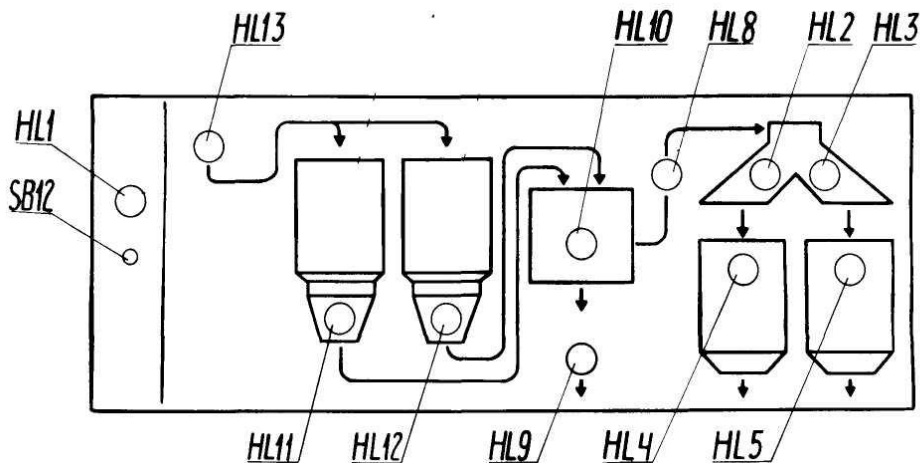
Система технологічного моніторингу обладнана дистанційним контролем за станом механізмів, який включає відстеження заповнення та спорожнення ємностей (бункери для суміші торфу та вапнякової муки БР1 і БР2). Контроль

здійснюється через світлову сигналізацію на мнемосхемі управлінської шафи, а в аварійних ситуаціях активується звукова сигналізація. Розташування елементів контролю на мнемосхемі зображено на рис. 2.4.

Органи управління та їх розташування

Органи управління розміщені на фронтальній панелі управлінської шафи, схема їх розташування представлена на рис. 2.3. З шафи управління можливі наступні дії:

- Вибір режиму управління (М, О, Д) за допомогою повороту ручок перемикачів А1 і А3.
- Передпускова перевірка звукового сигналу кнопкою В3; активація та деактивація звукового аварійного сигналу кнопками В4.1 і В4.2.
- Перевірка роботи ламп світлової сигналізації кнопкою В13.
- В режимі "Д" можна вибрати накопичувач для завантаження порошків кнопками В1.2 і В1.3, запустити або зупинити ділянку кнопкою В2, а також запустити чи зупинити транспортер подачі мішків кнопками В12.2 і В12.1.

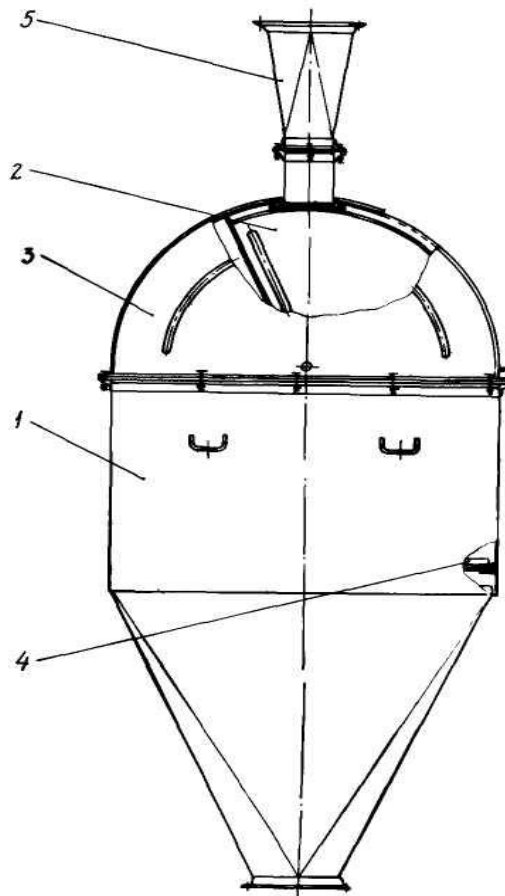


Лампа HL1– мережа; Лампа HL2– положення перемикача "В накопичувач 1"; Лампа HL3– положення перемикача "В накопичувач 2"; Лампа HL4– верхній рівень в накопичувачі 1; Лампа HL5– верхній рівень в накопичувачі 2; Лампа HL8– норія; Лампа HL9– транспортер відходів; Лампа HL10– просіювач; Лампа HL11- дозатор торфу; Лампа HL12– дозатор вапнякових матеріалів; Лампа HL13– транспортер подачі мішків; Кнопка В13– випробування ламп

Рисунок 2.4 – Схема розташування засобів контролю на мнемосхемі

2.3 Будова і робота складових частин агрегату

Пристрій завантажувальний (рис. 2.5) служить для завантаження торфу і вапнякової муки і є зварною конструкцією, виконаною з листової сталі. Вона складається з бункера 1, до якого кріпиться кожух 3. У кожусі є рухомий сектор 2.



1 – бункер; 2 – сектор; 3 – кожух; 4 – огорожа; 5 – відведення
Рисунок 2.5 – Пристрій завантажувальний

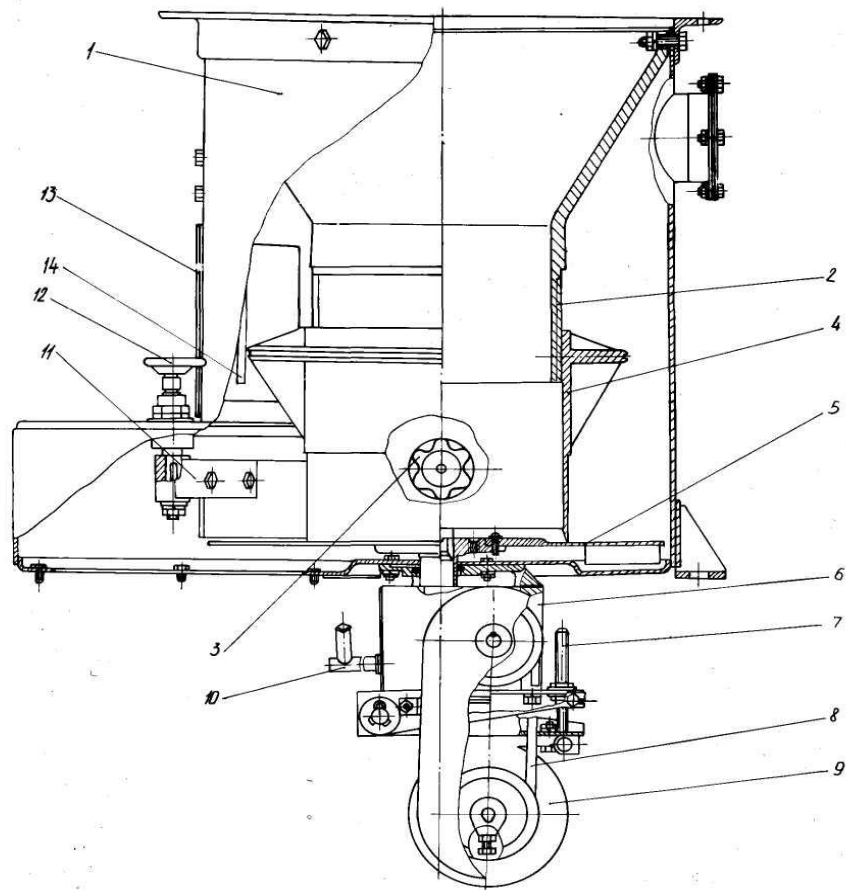
Перед завантаженням, сектор 2 вручну повертається, відкриваючи завантажувальні та аспіраційні отвори. Запорошене повітря видаляється через відведення 5 до системи аспірації.

Огорожа 4 встановлена в бункері 1 для запобігання потраплянню крупних механічних частин. Завантажувальний пристрій монтується на чотирьох кронштейнах і кріпиться до рамки.

Ніж 11 встановлено для скидання компонентів з тарілки 6. Регулювання положення ножа щодо стакана 4 здійснюється за допомогою ручки 12. Підйом рухомого стакана у вертикальному положенні можна визначити по поділках на шкалі 14, яка закріплена на корпусі 1.

Кришка 13 призначена для закриття оглядового вікна. Для запобігання заляганню компонентів в дозаторі на тарілці 5 встановлено зворушувач.

До дна дозатора прикріплена лійка. Штуцер 10 використовується для заливки масла в редуктор 6. Стяжка 7 служить для натягу ремня 8. Дозатор фіксується до дна бункера або завантажувального пристрою за допомогою фланцевого з'єднання та щільної прокладки.

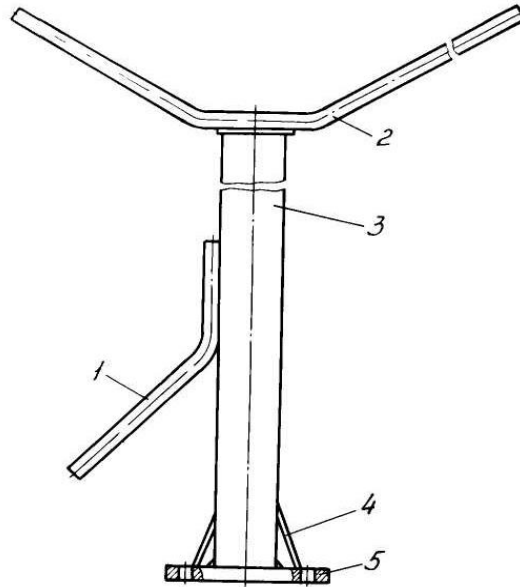


1 – корпус дозатора; 2 – стакан; 3 – ручка; 4 – стакан; 5 – тарілка; 6 – редуктор; 7 – стяжка; 8 – ремінь; 9 – двигун 4А7ЩУЗ; 10 – штуцер; 11 – ніж; 12 – ручка; 13 – кришка; 14 – шкала.

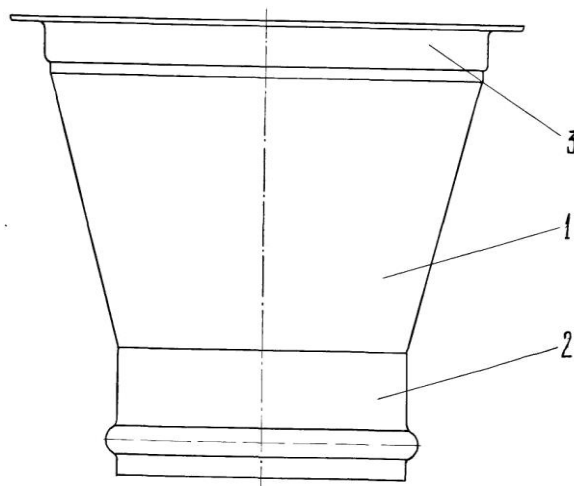
Рисунок 2.6 – Дозатор

Зворушувач (рис. 2.7) служить для запобігання заляганню компоненту в дозаторі. Є зварною конструкцією. Кріпиться до тарілки дозатора за допомогою

чотирьох болтів.



1 - пруток; 2 - зворушувач; 3 - стійка; 4 - косинка; 5 – фланець
Рисунок 2.7 – Зворушувач



1 - конус; 2 - патрубкок; 3 – фланець
Рисунок 2.8 – Лійка

Лійка (рис. 2.8) виконує функцію направлення дозованого компоненту та виготовлена як зварна конструкція з листової сталі. Вона кріпиться до дозатора за допомогою болтів, фланця та ущільнюючої прокладки.

Просіювач (рис. 2.9) використовується для змішування та просівання суміші торфу та вапнякової муки перед їх подачею у бункери. Він складається з рами 1, до якої кріпиться корпус 2 і привід 5. У середині корпусу знаходиться

шнек-живильник 15, на валу якого встановлений каркас, обтягнутий сіткою 17, що використовується для просівання суміші. Шнек 3 відповідає за транспортування просіяної суміші до вивантажного патрубку, тоді як непросіяна суміш спрямовується до патрубка відходів.

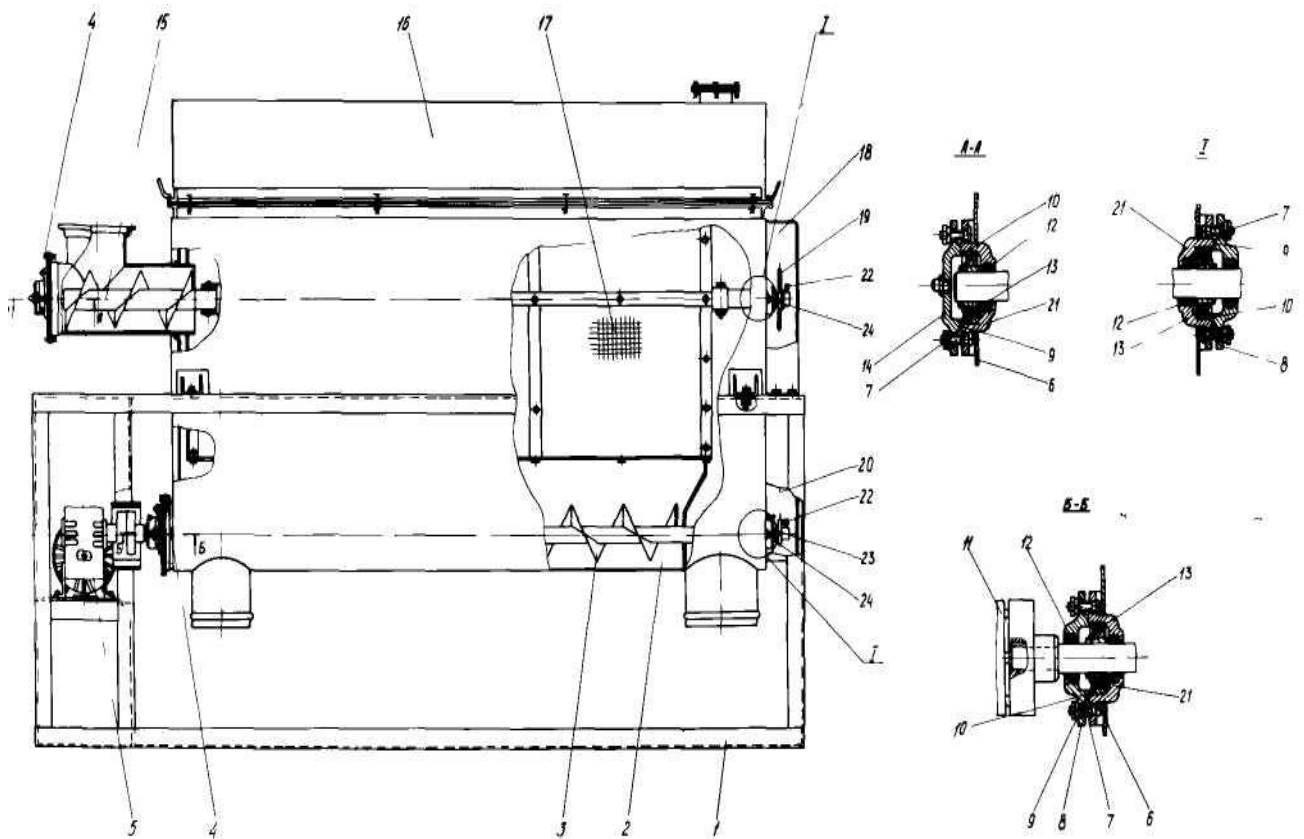
Привід шнеків забезпечується через ланцюгову передачу 20, з можливістю регулювання натягу ланцюга натягачем. Обертання шнеків здійснюється праворуч від сторони приводу. Кришка 16 призначена для заміни сітки, а оглядові кришки служать для проведення профілактичного огляду просіювача.

Дозатор (рис. 2.10) призначений для дозування вапнякової муки. Його конструкція включає корпус 1, у якому розташовані верхній диск 2 та нижній диск 3, закріплені на валу редуктора 4. Крутний момент передається на диски 2 і 3 від двигуна 5 через ремінну передачу 6 і редуктор 4. Ущільнювач 7 та скребок 8 прикріплені до корпусу 1, а регулювальний гвинт 9, з'єднаний зі скребком 8, дозволяє регулювати продуктивність дозатора.

У процесі роботи матеріал завантажується у горловину корпусу 1 і заповнює простір між дисками 2 і 3. Під час обертання дисків матеріал ущільнюється і дозується скребком 8, після чого вивантажується у просіювач.

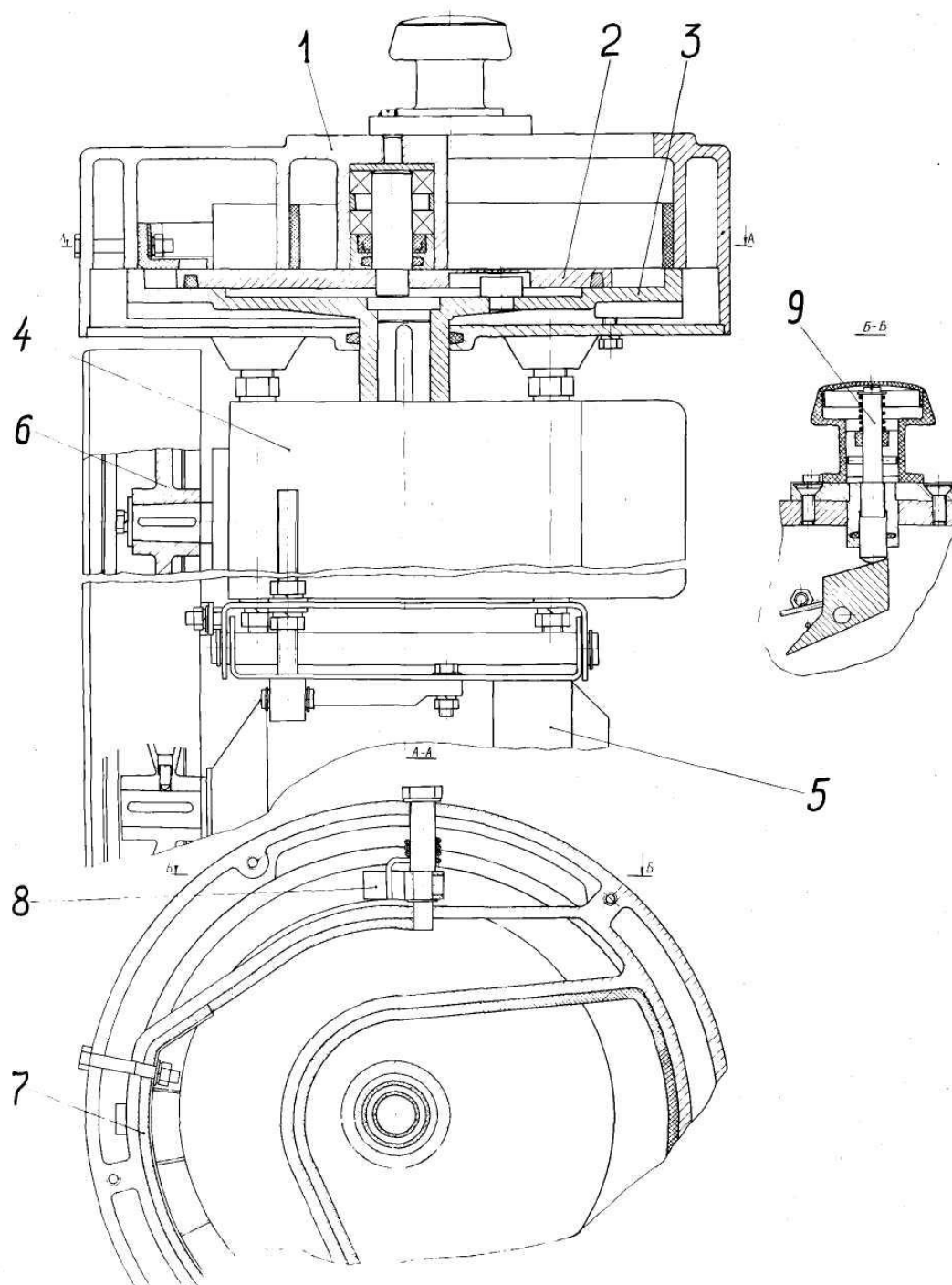
Щоб запобігти потраплянню пилу з бункера у зворушувач, встановлюється ущільнення 36, яке притискається фланцем 38 і кріпиться болтами до кришки 3, а хомутом 37 до штанги 11.

Бункер працює наступним чином: обертання від двигуна 5 передається через клинопасову передачу 40, ланцюгову передачу 9 і вал 26 на кулачок 21, який коливає важелі 42, надаючи зворушувачу 11 поворотно-поступальний і коливальний рухи. Зворушувач переміщається вздовж бункера, розбиваючи скупчення суміші торфу та вапнякової муки всередині бункера.

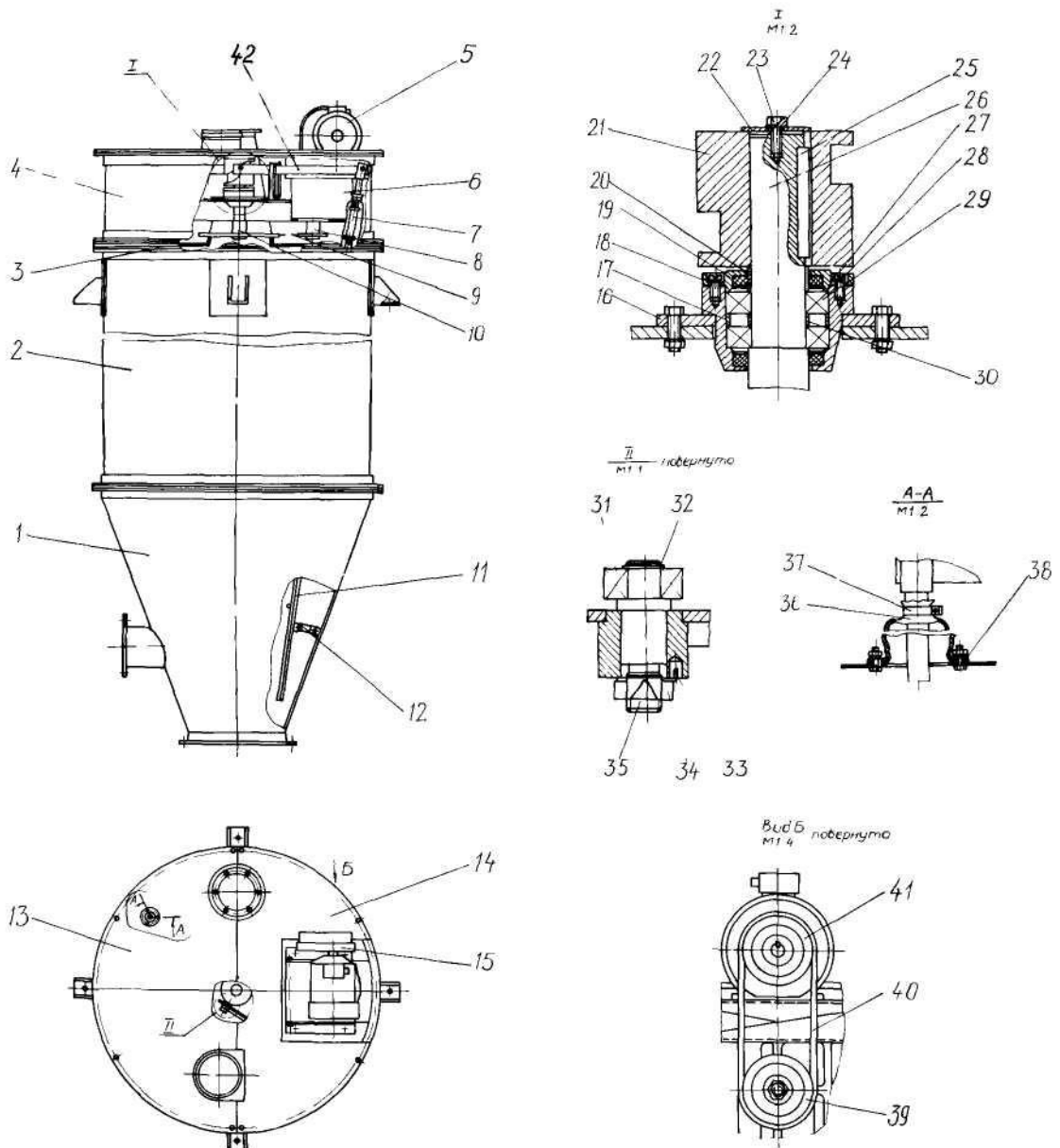


1- рама; 2- корпус; 3 - шнек; 4 - болт М8-6gx20.58.019; 5- привід; 6 - кришка; 7 - болт М8-6gx35.58.019; 8 - кришка підшипника; 9 - прокладка; 10 - кільце розпірне; 11 - муфта; 12 - манжета 1.1-30x52-1; 13 - підшипник 11206; 14 - кришка підшипника; 15 - шнек-живильник; 16 - кришка; 17- сітка напівтомпакова 05; 18 - кожух; 19 - зірочка; 20 - ланцюг пр 15.875; 21 - корпус підшипника; 22 - болт М10-6gx35.58.019; 23 - зірочка; 24 - гайка М10-6Н.6.019

Рисунок 2.9 – Просіювач



1 - корпус; 2 - диск 1; 3 - диск 2; 4 - редуктор Ч-80-63-51-1-1-УЗ; 5 -
 двигун 4А71В6УЗ; 6 - пас А-800 ВН Ш; 7 - ущільнювач; 8 - скребок;
 9 - гвинт регулювальний
 Рисунок 2.10 – Дозатор



1 - конус; 2 - циліндр; 3 - кришка; 4 - зворушувач; 5 - двигун 4А90L6УЗ; 6 - редуктор Ч-80-50-52-1-1-уз; 7 - муфта стяжна; 8 - зірочка; 9 - ланцюг Пр-25,4-6000; 10 - зірочка; 11 - зворушувач; 12 - тяга; 13 - кришка; 14 - кришка; 15 - кожух; 16 - корпус; 17 - втулка; 18- кришка 11-90x55; 19 - манжета 1.1-55x80-1; 20 - втулка; 21 - кулачок; 22 - диск; 23 - болт М8-6gx20.58.019; 24 - шайба; 25 - шпонка 16x10x100; 26 - вал; 27 - гвинт в1 М8-6gx20.58.019; 28 - підшипник 60210; 29 - втулка; 30 - підшипник 180502; 31 - кільце 1А15; 32 - шайба з 16.01.стз.019; 33 - гайка М16-6Н.6.019; 34 - вісь; 35 - ущільнення; 36 - хомут; 37 - фланець; 38 - шків; 39 - пас А-900 Т; 40 - шків А2.125.24; 41- важіль.

Рисунок 2.11 – Бункер

Таким чином, тут представлені основні частини агрегату.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Умови розрахунку елементів зворушувача

Зворушувач бункера агрегату для приготування порошкоподібних компонентів має за завдання забезпечувати очищення обичайки бункера від порошкоподібних компонентів.

Завдання розрахунку: Визначити працездатність встановлених у кулачковому механізмі бункера підшипників.

Вихідні дані для розрахунку: Електродвигун приводу:

- Умовне позначення: 4A90L6УЗ (згідно з ГОСТ 19523-81)
- Потужність (P): 1,5 кВт
- Швидкість обертання (n): 1000 об/хв
- Споживана потужність від електродвигуна приводу: 1,0 кВт

Редуктор:

- Умовне позначення: Ч-80-50 (згідно з ГОСТ 25456-82)
- Передаточне число (i_p): 50
- Коефіцієнт корисної дії (ККД): 0,59
- Ланцюгова передача:
- Позначення ланцюга: ПР-25,4-5670 (згідно з ГОСТ 13568-75)
- Крок ланцюга (p): 0,0254 м
- Число зубів ведучої зірочки (НО22.040-32 згідно з РТМ-А23.2.022-80):

15

- Число зубів веденої зірочки (Н022.040-44 згідно з РТМ-А23.2.022-80):

45

- Шарикопідшипники радіальні однорядні з однією захисною шайбою:
- Умовне позначення: 60210 (згідно з ГОСТ 7242-70)
- Динамічна вантажопідйомність (С): 26978 Н
- Статична вантажопідйомність: 19816 Н

- Відстань від веденої зірочки до першої підшипникової опори (а): 0,058 м

- Відстань між підшипниковими опорами (в): 0,062 м

- Кут нахилу площини еліпса пазів на валу кулачка бункера до площини поперечного перетину валу кулачка бункера (α): 0,54 рад

- Маса кулачка бункера: 24,3 кг

- Термін служби агрегату: 7 років

- Добове напруцювання зворушувача:

- 1/2 року: 7 год

- 1/2 року: 0 год

УМОВИ РОЗРАХУНКУ:

1. Припускаємо, що підшипниковий вузол повністю сприймає вагу кулачка бункера, без врахування ваги ланцюга.

2. Не враховуємо втрату потужності в пасовій і ланцюговій передачах.

3. Не беремо до уваги тертя втулок об паз валу кулачка бункера.

4. Припускаємо, що зусилля опору від важелів однакові за величиною.

5. Виконуємо розрахунок працездатності підшипників згідно [38].

СХЕМА ОБ'ЄКТУ РОЗРАХУНКУ: Зворушувач бункера (див. рис. 3.1) складається з наступних компонентів: електродвигун приводу 1, пасової передачі 2, редуктора 3, ведучої зірочки 4, ланцюга 5, веденої зірочки 6, кулачка 7 (див. рис. 3.2), та важелів 8 [38].

3.2 Розрахунок необхідного ресурсу підшипників вала зворушувача

Для початку, визначимо необхідне напрацювання підшипників.

$$T_H = T_0 \left(\frac{1}{2} \cdot 365 \cdot T_1 + \frac{1}{2} \cdot 365 \cdot T_2 \right) = \frac{365}{2} \cdot T_0 (T_1 + T_2), \quad (3.1)$$

де T_H - необхідне напрацювання підшипників, год.;

T_0 - термін служби агрегату, років;

T_1, T_2 - добове напрацювання зворушувача протягом 1/2 року, год.

Підставляючи у формулу (3.1) початкові дані, одержимо

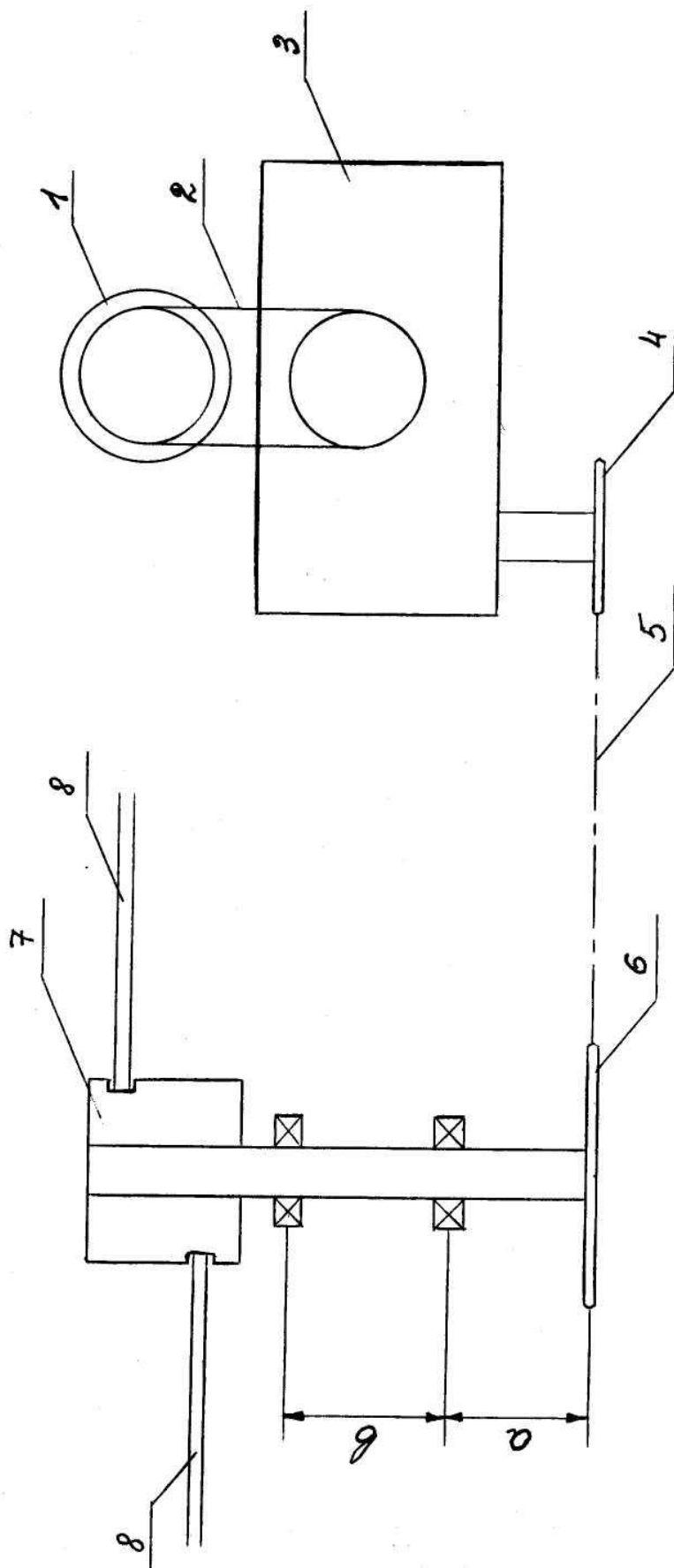
$$T_H = 7 \cdot \frac{365}{2} (7 + 0) = 8942.5 \text{ год.}$$

3.3 Розрахунок ланцюгової передачі приводу

Визначимо зусилля в ланцюзі.

Швидкість обертання веденої зірочки визначаємо за формулою

$$n_0 = \frac{n}{i_p i_u}, \quad (3.2)$$



1 - електродвигун приводу; 2 - пасова передача; 3- редуктор; 4 - ведуча зірочка; 5 – ланцюг; 6 - ведена зірочка; 7 - кулачок; 8 - важелі

Рисунок 3.1 – Схема приводу зворушувача

де n_0 - швидкість обертання веденої зірочки, об/хв;

n - швидкість обертання валу електродвигуна, об/хв;

i_p - передаточне число редуктора;

$i_{\text{ч}}$ - передаточне число ланцюгової передачі

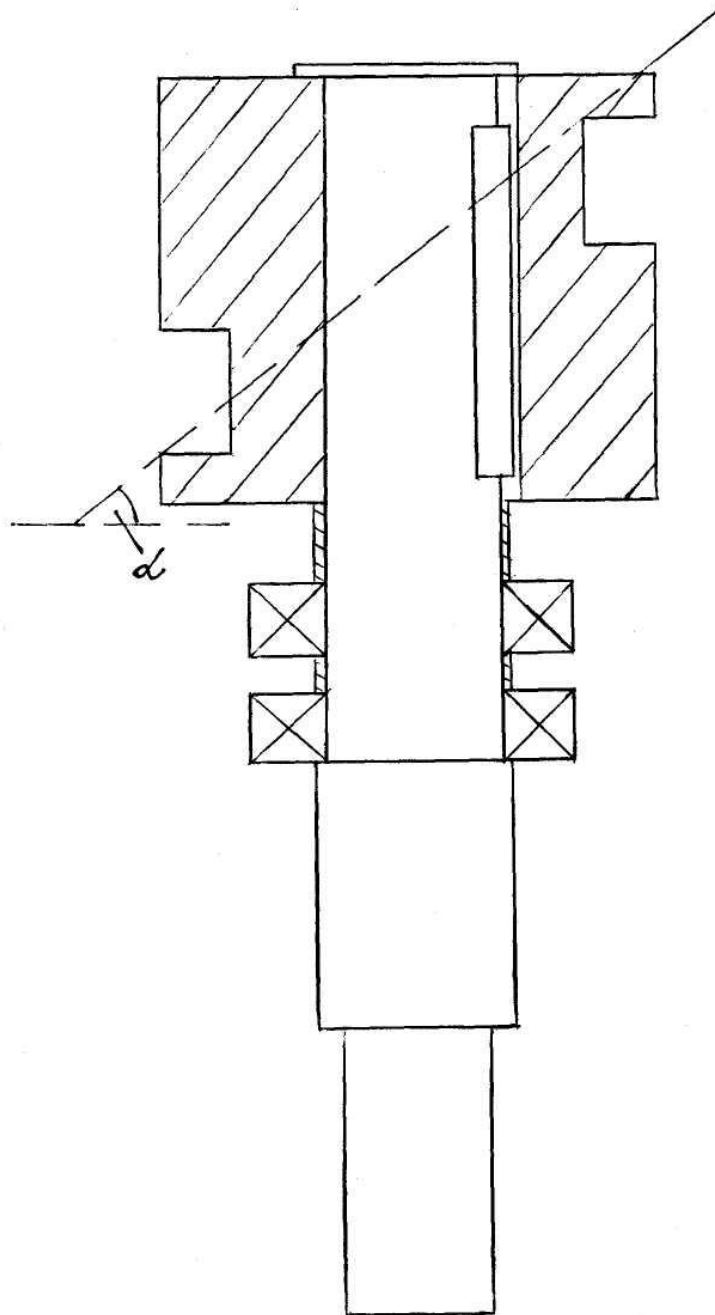


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема зворушувача

Передаточне число ланцюгової передачі визначається як співвідношення числа зубів на ведучій та веденій зірочках.

$$i_y = \frac{z_2}{z_1}, \quad (3.3)$$

де i_y - передаточне число ланцюгової передачі;

z_2 - число зубів веденої зірочки;

z_1 - число зубів ведучої зірочки.

Підставивши вихідні дані у формули (3.3) та (3.2), ми отримаємо результат.

$$i_y = \frac{45}{15} = 3.$$

$$n_0 = \frac{1000}{50 \cdot 3} = 6.67 \text{ об/хв.}$$

Ми перетворимо швидкість обертання веденої зірочки на частоту обертання за допомогою відповідної формули.

$$\omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60}, \quad (3.4)$$

де ω_0 - частота обертання веденої зірочки, с^{-1} ;

n_0 - швидкість обертання веденої зірочки, об/хв.

Підставляючи початкові дані у формулу (3.4), одержимо

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 6.67}{60} = 0.7 \text{ с}^{-1}.$$

Ми визначимо швидкість переміщення ланок ланцюга, застосувавши

відповідну формулу.

$$V = \frac{dS}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\varphi_0}{2\pi} z_2 t_u \right) = \frac{\omega_0}{2\pi} z_2 t_u, \quad (3.5)$$

де V - швидкість ланцюга в метрах на секунду;

S - переміщення ланцюга за час t , м;

t – час, с;

φ_0 - кут повороту веденої зірочки за час t , рад;

z_2 - кількість зубів веденої зірочки;

t_u - крок ланцюга, м;

ω_0 - частота обертання веденої зірочки, с^{-1} .

Потужність, передавану ланцюгом, визначаємо за формулою

$$N_0 = kN, \quad (3.6)$$

де N_0 - потужність, передавана ланцюгом, кВт;

k - ККД редуктора;

N - споживана потужність, кВт.

З визначення потужності

$$N_0 = \frac{dA}{dt} = \frac{d}{dt} (F \cdot S) = F \cdot V, \quad (3.7)$$

де N_0 - потужність, передавана ланцюгом, Вт;

A - робота, Дж;

t - час, с;

F - зусилля в ланцюзі, Н;

S - переміщення ланцюга за час t , м;

V - швидкостей переміщення ланцюга, м/с.

Перетворимо формулу (3.7)

$$F = \frac{N_0}{V}, \quad (3.8)$$

де F - зусилля в ланцюзі, Н;

N_0 - потужність, передавана ланцюгом, Вт;

V - швидкість переміщення ланцюга, м/с.

Підставляючи початкові дані у формули (3.5), (3.6), (3.8), одержимо

$$V = \frac{0.7}{2 \cdot 3.14} \cdot 45 \cdot 0.0254 = 0.13 \text{ м/с.}$$

$$N_0 = 0.59 \cdot 1.0 = 0.59 \text{ кВт.}$$

$$F = \frac{590}{0.13} = 4538 \text{ Н.}$$

3.4 Розрахунок підшипникових вузлів

Визначимо реакції в підшипникових опорах від зусилля в ланцюзі.
Розглянемо схему, рис. 3.3.

З умови рівноваги валу визначаємо реакції в підшипникових опорах

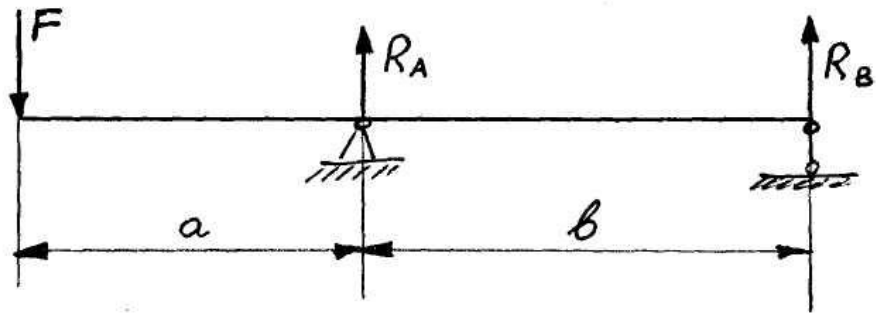


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема до визначення реакцій в підшипникових опорах

$$R_A = \frac{a+b}{b} F, \quad (3.9)$$

$$R_B = -\frac{a}{b} F,$$

де R_A, R_B - реакції в опорах, Н;

a - відстань уздовж валу від веденої зірочки до першого підшипника, м;

b - відстань між підшипниковими опорами, м;

F - зусилля в ланцюзі, Н.

Підставляючи початкові дані у формулу (3.9), одержимо

$$R_A = \frac{0.058 + 0.062}{0.062} \cdot 4538 = 8783 \text{ Н.}$$

Визначимо величину крутного моменту, що діє на вал кулачка бункера.

З визначення потужності

$$N_0 = \frac{dA}{dt} = \frac{d}{dt}(M_0 \cdot \varphi_0) = M_0 \cdot \omega_0, \quad (3.10)$$

де N_0 - потужність, передавана ланцюгом, Вт;

A - робота, Дж;

t - час, с;

M_0 - крутний момент, Нм;

φ_0 - кут повороту валу кулачка бункера за час t , рад;

ω_0 - кутова швидкість обертання валу кулачка бункера, с^{-1} .

Перетворимо формулу (3.10)

$$M_0 = \frac{N_0}{\omega_0}, \quad (3.11)$$

де M_0 – крутний момент, Нм;

N_0 - потужність, Вт;

ω_0 - кутова швидкість обертання, с^{-1}

Підставляючи початкові дані у формулу (3.11), одержимо

$$M_0 = \frac{590}{0.7} = 843 \text{ Нм.}$$

Визначимо величину згинаючого моменту на валу кулачка бункера, що виникає від зусиль опору важелів. Розглянемо схему, рис. 3.4:

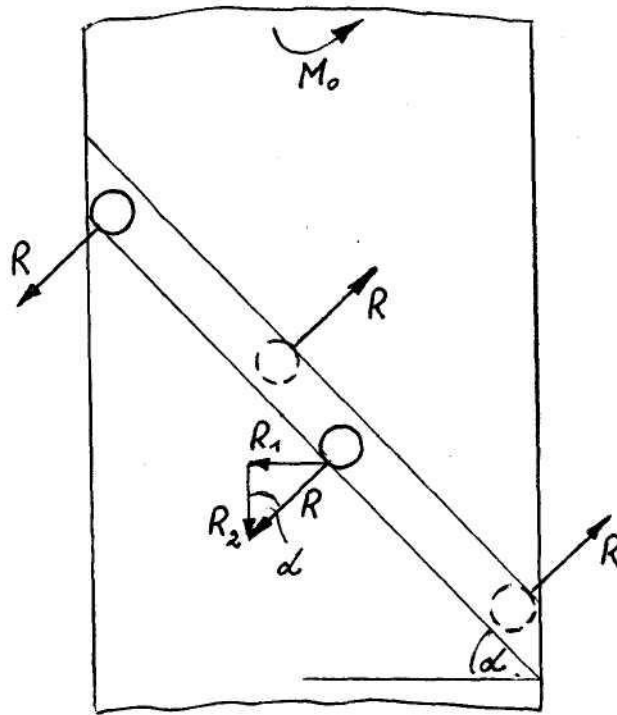


Рисунок 3.4 – До визначення величини згинаючого моменту на валу кулачка бункера

Зусиль R_1 і R_2 - складові реакцій втулок R - лежать в площинах, дотичних до валу в точках контакту втулок і валу. Очевидно, що реакції втулок R рівні, оскільки з умов розрахунку рівні вертикальні складові R_2 .

З умови рівноваги валу

$$2R_1d = M_0, \quad (3.12)$$

звідки

$$R_1 = \frac{M_0}{2d},$$

де R_1 - поперечна по відношенню до валу складова реакція втулки, Н;

M_0 - крутний момент, Нм;

d - діаметр валу, м.

Очевидно, що

$$R_2 = R_1 \operatorname{ctg} \alpha, \quad (3.13)$$

де R_2 - поздовжня по відношенню до валу складова реакції втулки, Н;

R_1 - поперечна по відношенню до валу складова реакції втулки, Н;

α - кут нахилу площини еліпса пазів на валу до поперечного перетину валу, рад.

Розглянемо схему, рис. 3.5.

У полярній системі координат r, β, z еліпс пазів визначений системою рівнянь;

$$r^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2; \quad (3.14)$$

$$\frac{z}{r \sin \beta} = \operatorname{tg} \alpha,$$

де d - діаметр валу, м;

α - кут нахилу площини еліпса пазів до поперечного перетину валу, рад.

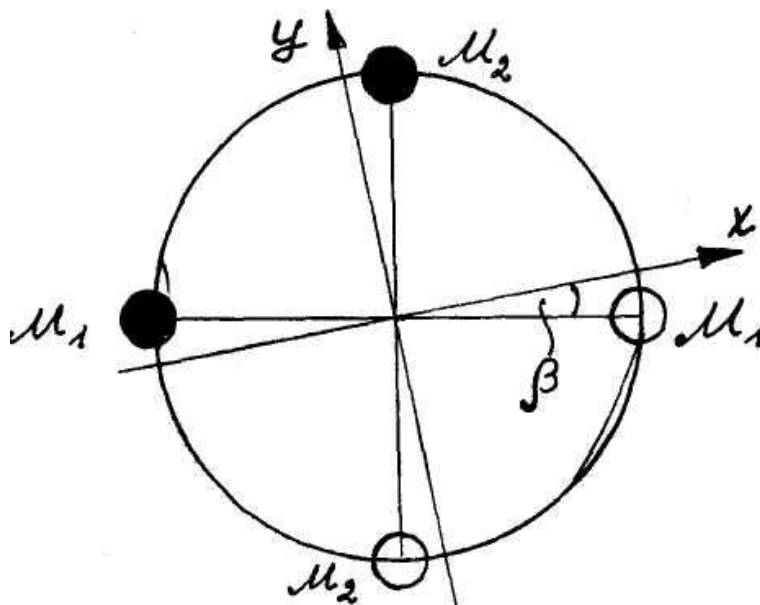


Рисунок 3.5 – До визначення моментів при дії планок на кулачок

На схемі $M_1 - M_2$ - вертикальна площина, в якій діє згинаючий момент від зусилля в ланцюзі, а $M_2 - M_2$ - вертикальна площина нормальна до площини $M_1 - M_1$. В обох площинах діють згинаючі моменти:

$$\begin{cases} M_1 = R_2 d \frac{\sin \beta}{|\sin \beta|} - R_1 d \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \beta; \\ M_2 = R_2 d \frac{\cos \beta}{|\cos \beta|} - R_1 d \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta, \end{cases}, \quad (3.15)$$

звідки, використовуючи (3.13), (3.12), одержимо:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{M_0}{2} \sin \beta \left(\frac{\operatorname{ctg} \alpha}{|\sin \beta|} - \operatorname{tg} \alpha \right); \\ M_2 = \frac{M_0}{2} \cos \beta \left(\frac{\operatorname{ctg} \alpha}{|\cos \beta|} - \operatorname{tg} \alpha \right), \end{cases}, \quad (3.16)$$

де M_0 - крутний момент, Нм;

β - кут повороту валу, рад.;

α - кут нахилу еліпса пазів до поперечного перетину валу, рад.

Визначимо реакції в підшипникових опорах валу від дії згинаючих моментів, M_1 і M_2 .

З умови рівноваги валу:

$$\begin{cases} Q_{1A} = -Q_{1B} = \frac{M_1}{e}, \\ Q_{2A} = -Q_{2B} = \frac{M_2}{e}, \end{cases} \quad (3.17)$$

де $Q_{1A}, Q_{2B}, Q_{1B}, Q_{2B}$ - реакції в підшипникових опорах A і B , Н;

M_1, M_2 - згинаючі моменти, Нм;

e - відстань між підшипниками, м.

Визначимо найбільшу радіальну силу, що діє на підшипник.

Зусилля Q_{1A} і R_A співпадають по напрямку.

$$Q_A = \sqrt{(Q_{1A} + R_A)^2 + Q_{2A}^2}, \quad (3.18)$$

де Q_A - результуюча радіальна сила в підшипнику, Н;

Q_{1A}, Q_{2A} - реакції в підшипнику від дії згинаючих моментів M_1 і M_2 , Н;

R_A - реакція в підшипнику від дії зусилля в ланцюзі, Н.

Очевидно, що найбільше зусилля в підшипнику виникає при $\beta = +0$.

Підставляючи початкові дані у формули (3.16) - (3.18), одержимо:

$$M_1 = \frac{843}{2} \cdot \operatorname{ctg} 0.54 = 703 \text{ Нм};$$

$$M_2 = \frac{843}{2} (\operatorname{ctg} 0.54 - \operatorname{tg} 0.54) = 451 \text{ Нм};$$

$$Q_{1A} = -Q_{1B} = \frac{703}{0.062} = 11339 \text{ Н};$$

$$Q_{2A} = -Q_{2B} = \frac{451}{0.062} = 7274 \text{ Н};$$

$$Q_A = \sqrt{(11339 + 8783)^2 + 7274^2} = 21396 \text{ Н}.$$

Визначимо найбільше еквівалентне динамічне навантаження, що діє на

підшипник.

Згідно [33]. на підшипник діє осьове зусилля

$$Q = mg, \quad (3.19)$$

де m - маса кулачка бункера, кг;

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

Підставляючи початкові дані у формулу (3.19), одержимо

$$Q = 24.3 \cdot 9.81 = 238 \text{ Н.}$$

Згідно [19] еквівалентне динамічне навантаження рівне

$$Q_0 = C_1 Q_A + C_2 Q, \quad (3.20)$$

де Q_A - радіальне навантаження, Н;

Q - осьове навантаження, Н;

C_1, C_2 - коефіцієнти.

Для $\frac{Q}{C_0} = \frac{238}{19816} = 0.012$ згідно [19] $e = 0.19$, а оскільки

$$\frac{Q}{Q_A} = \frac{238}{21396} = 0.011 < e, \text{ то } C_1 = 1, C_2 = 0.$$

Підставляючи значення C_1 і C_2 у формулу (3.20), одержимо

$$Q_{\max} = Q_A = 21396 \text{ Н.}$$

Визначимо довговічність підшипника.

Використовуючи (3.16) - (3.18) запишемо вираз радіального зусилля підшипника.

$$Q_A = \sqrt{\left(\frac{M_0}{2e} \sin \beta \left(\frac{\operatorname{ctg} \alpha}{|\sin \beta|} - \operatorname{tg} \alpha\right) + R_A\right)^2 + \left(\frac{M_0}{2e} \cos \beta \left(\frac{\operatorname{ctg} \alpha}{|\cos \beta|} - \operatorname{tg} \alpha\right)\right)^2}, \quad (3.21)$$

де M_0 - крутний момент, Нм;

e - відстань між підшипниками, м;

β - кут повороту валу, рад.;

α - кут нахилу еліпса пазів до площини поперечного перетину валу, рад.;

R_A - радіальне зусилля в підшипнику від зусилля в ланцюзі, Н.

Згідно формул (3.21) якнайменше радіальне зусилля в підшипнику виникає в мить, коли перша з складових рівна нулю

$$\frac{M_0}{2e} \sin \beta \left(\frac{\operatorname{ctg} \alpha}{|\sin \beta|} - \operatorname{tg} \alpha\right) + R_A = 0,$$

звідки

$$\beta = \arcsin \left[\left(-\frac{M_0}{2e} \operatorname{ctg} \alpha + R_A \right) \frac{2e}{M_0 \operatorname{tg} \alpha} \right], \quad (3.22)$$

де M_0 - крутний момент, Нм;

e - відстань між підшипниками, м;

α - кут між площиною еліпса пазів і площиною поперечного перетину валу, рад;

R_A - радіальне зусилля в підшипнику від зусилля в ланцюзі, Н.

Підставляючи початкові дані у формули (3.22), (3.21), одержимо:

$$\beta = \arcsin\left(-\operatorname{ctg}^2 0.54 + 8783 \cdot \frac{2 \cdot 0.062}{843} \operatorname{ctg} 0.54\right) = -0.68 \text{ рад.}$$

$$Q_A = \frac{843}{2 \cdot 0.062} (\operatorname{ctg} 0.54 - \operatorname{tg} 0.54 \cdot \cos 0.68) = 8173 \text{ Н.}$$

Для еквівалентного навантаження

$$\frac{Q}{Q_A} = \frac{238}{8173} = 0.03 < e, C_1 = 1, C_2 = 0.$$

З приведенного вище витікає, що для всіх β еквівалентне навантаження на підшипник рівне радіальному навантаженню на підшипник

$$Q_{\min} = 8173 \text{ Н.}$$

Припускаємо приблизно прямолінійну зміну навантаження на підшипник від Q_{\min} до Q_{\max} . Тоді, згідно [26], середнє навантаження на підшипник з постійною частотою обертання визначається за формулою

$$Q_c = \frac{Q_{\min} + 2Q_{\max}}{3}, \quad (3.23)$$

де Q_{\min} - найменше навантаження на підшипник, Н;

Q_{\max} - найбільше навантаження на підшипник, Н;

Підставляючи початкові дані у формулу (3.23), одержимо

$$Q_c = \frac{8173 + 2 \cdot 21396}{3} = 16988 \text{ Н.}$$

Довговічність підшипника визначаємо за формулою [35]

$$L_{10} = \left(\frac{C}{Q_c} \right)^3, \quad (3.24)$$

де L_{10} - довговічність, млн.об.;

C - динамічна радіальна вантажопідйомність підшипника, Н;

Q_c - середнє еквівалентне навантаження на підшипник, Н.

Підставляючи початкові дані у формулу (24), одержимо

$$L_{10} = \left(\frac{26978}{16988} \right)^3 = 4.0 \cdot 10^6 \text{ об.}$$

Перетворимо кількість оборотів в години за формулою

$$T_n = \frac{L_{10}}{n_0 \cdot 60}, \quad (3.25)$$

де T_n - довговічність підшипника, год;

L_{10} - довговічність підшипника, об.;

n_0 - швидкість обертання веденої зірочки, об/хв.

Підставляючи початкові дані у формулу (3.25), одержимо

$$T_n = \frac{4 \cdot 10^6}{6.67 \cdot 60} = 9995 \text{ год.}$$

Висновок:

Динамічне еквівалентне навантаження на підшипник становить 21396 Н, що менше від динамічної вантажопідйомності підшипника, яка складає 26978 Н. Довговічність підшипника становить 9995 годин, що перевищує потрібну довговічність - 8942,5 годин, тому потрібний ресурс забезпечується.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Можливі небезпеки при роботі агрегату для дражування насіння

Робота з агрегатами для дражування насіння пов'язана з низкою потенційних небезпек, які можуть впливати на безпеку оператора, якість продукції та навколишнє середовище. Однією з основних небезпек є ризик механічних травм, оскільки агрегати для дражування насіння часто мають рухомі частини, що обертаються або здійснюють коливальні рухи. Оператор може зазнати травм від контактів з цими частинами під час роботи або обслуговування обладнання. Щоб уникнути цього, необхідно суворо дотримуватись інструкцій з експлуатації та обслуговування, а також використовувати засоби індивідуального захисту.

Крім того, є ризик впливу хімічних речовин, які використовуються під час дражування. Дражування насіння передбачає покриття його оболонкою, що може містити різні хімічні препарати для захисту від шкідників, стимулювання росту або інших цілей. Ці хімічні речовини можуть бути токсичними для людини і викликати подразнення шкіри, дихальних шляхів або інші гострі або хронічні захворювання. Під час роботи з такими речовинами важливо використовувати відповідні засоби захисту, такі як рукавички, маски та захисний одяг.

Робота агрегату для дражування насіння також створює певні екологічні ризики. Викиди пилу, що містять хімічні речовини, можуть забруднювати повітря, воду та ґрунт, негативно впливаючи на навколишнє середовище. Витоки хімічних речовин або їх неправильне утилізування можуть призвести до забруднення водних ресурсів і негативного впливу на місцеву флору та фауну. Для мінімізації цих ризиків необхідно впроваджувати системи контролю та утилізації відходів, а також використовувати екологічно безпечні методи обробки.

Електричні небезпеки також є важливим фактором при роботі з

агрегатами для дражування насіння. Неправильна експлуатація або обслуговування електрообладнання може призвести до ураження електричним струмом, що становить серйозну загрозу для життя і здоров'я оператора. Для запобігання таким випадкам важливо регулярно перевіряти стан електричних систем, дотримуватися правил безпеки при роботі з електрообладнанням і забезпечувати належне заземлення.

Загалом, робота з агрегатами для дражування насіння вимагає високого рівня обережності та дотримання правил безпеки. Це включає використання засобів індивідуального захисту, регулярне обслуговування обладнання, дотримання правил роботи з хімічними речовинами та забезпечення екологічної безпеки. Лише комплексний підхід до безпеки дозволить мінімізувати ризики та забезпечити ефективну і безпечну роботу з цими агрегатами.

4.2 Основні вимоги безпеки при підготовці насіння

З початком проведення весняно-польових робіт в агропромисловому комплексі значно зростають обсяги та інтенсивність виконання відповідних технологічних операцій, пов'язаних із посівною компанією. Зокрема, зростає кількість осіб, що беруть участь у виробництві, у тому числі за рахунок тимчасово залучених, збільшується кількість задіяної техніки, тривалість сільськогосподарських робіт протягом доби тощо. Цей травмонебезпечний період в сільськогосподарському виробництві зумовлений максимальним напруженням, перенасиченістю праці, що призводить до помилкових дій, нехтування безпекою та відсутністю належного контролю за безпечним виконанням робіт з боку інженерно-технічного персоналу.

Під час виконання цих робіт працівникам доводиться проводити цілий комплекс робіт із застосуванням мінеральних добрив, гербіцидів, протруювачів, які використовуються при виконанні підживлення посівів, протравлення та перевезення насінневого матеріалу, сівби, а це роботи з застосуванням

отрутохімікатів.

Організувати роботу потрібно згідно Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві (НПАОП 01.0-1.02-18).

Вимоги безпеки під час використання пестицидів та мінеральних добрив

1. Транспортування, зберігання та застосування пестицидів потрібно здійснювати з дотриманням вимог Закону України «Про пестициди і агрохімікати» та інших нормативно-правових актів у частині безпечного здійснення робіт із транспортування, зберігання та застосування пестицидів.

2. Не дозволяється у темний час доби здійснювати роботи, пов'язані з транспортуванням аміаковмісних мінеральних добрив, приготуванням розчинів, змішуванням їх та внесенням у ґрунт.

3. Не дозволяється транспортувати разом різні види пестицидів, хімічна взаємодія яких у разі порушення герметичності упаковки може спричинити займання.

4. Не дозволяється перевозити пестициди та протруєне насіння разом із біологічними засобами захисту рослин, харчовими і кормовими продуктами та іншими вантажами, а також із людьми.

5. Не дозволяється використовувати для зберігання продуктів, фуражу, води тощо тару від мінеральних добрив, навіть після її знешкодження (зnezаражування). Тара з-під мінеральних добрив утилізується згідно з вимогами природоохоронного законодавства.

6. У машинах, які застосовуються для роботи з пестицидами, усі з'єднання магістралей переміщення пестицидів (фланці, затички, штуцери, ніпелі, люки тощо) повинні мати ущільнювальні прокладки.

Вимоги безпеки під час обробітку ґрунту, сівби, садіння і догляду за посівами

1. Роботи, пов'язані з підготовкою мінеральних добрив до внесення у ґрунт, треба здійснювати за допомогою механізмів, оснащених пристроями для зниження пилоутворення. Працівники мають використовувати відповідний

спецодяг, спецвзуття та засоби індивідуального захисту органів дихання та зору.

2. Не дозволяється готувати розчини пестицидів безпосередньо в полі без засобів механізації.

3. Працівникам не дозволяється перебувати у зоні можливого руху маркерів або навісних машин під час розвертання машинно-тракторних агрегатів.

4. Під час руху агрегату не допускається одночасне обслуговування одним працівником двох або більше сівалок.

5. Завантаження сівалок і садильних машин насінням, садильним матеріалом та добривами має бути механізованим. Ручне завантаження дозволяється лише за умови зупинення посівного або садильного агрегату та вимкнення двигуна трактора.

6. Заміну, очищення і регулювання робочих органів навісних машин і знарядь, які підняті, потрібно проводити тільки спеціальними чистками в рукавицях із зупиненим, загальмованим агрегатом та вимкнутим двигуном і вжиттям заходів, що запобігають їх самовільному опусканню.

7. Працівникам заборонено підніматися на або спускатися з машин під час їх руху.

8. Не дозволяється сівачам працювати на навісних сівалках.

Рекомендації щодо дотримання вимог техніки безпеки на весняно-польових роботах

1. Закріпити машини та змінне обладнання за кожним механізатором, а за посівним агрегатом постійних сівачів (наказ, розпорядження, рішення).

2. Заправку тракторів та інших машин паливом і мастильними матеріалами в польових умовах проводити механізованим способом із дотримання Правил пожежної безпеки в Україні.

3. Розміщення машин, машинно-тракторних агрегатів, де проводяться сільськогосподарські роботи, повинно здійснюватись відповідно до технологічних карт і «Правил охорони праці у сільськогосподарському

виробництві». На роботах, при виконанні яких задіяно два і більше працівника, необхідно призначити старших.

4. Не допускати до керування тракторами і складними сільськогосподарськими машинами осіб молодших 18 років, а також осіб, які не мають документів на право керування ними і не пройшли інструктажу з техніки безпеки.

5. Провести інструктажі з особами зайнятими на польових роботах.

6. Проводити підготовку площ для роботи машинно-тракторних агрегатів, з цією метою забезпечити проведення наступних робіт: прибрати на полях каміння та соломку, засипати ями; встановити віхи біля великих каменів, ярів, ям та інших предметів, які можуть становити небезпеку при виконанні робіт; відбити контрольні борозни і смуги біля ярів, ставків, річок, меліоративних каналів і т. п.; відвести і відмітити місця для відпочинку; встановити віхи на ділянках поля з крутизною 8–9 градусів.

7. Скласти технологічні маршрутні карти руху машин при виконанні сільгоспробіт.

8. Вимоги до технічного стану машин: забезпечити кожну машину справним інструментом; встановити захисне огороження на карданні, ланцюгові, пасові і зубчасті передачі; зробити попереджувальні написи; перевірити та ліквідувати підтікання палива, масла і води, забезпечити щільність з'єднання вихлопних колекторів; ліквідувати можливі несправності електророботобудування та електропроводки, забезпечити безвідмовну роботу гальм тракторів та тракторних причепів, справність сигналізації та освітлення.

9. Не допускати до роботи з отрутохімікатами і на транспортних засобах осіб, які не пройшли медогляду та інструктажу з охорони праці і техніки безпеки.

10. Забезпечити індивідуальними засобами захисту працівників, що працюють з отрутохімікатами та встановити контроль за використанням засобів захисту при виконанні робіт.

11. Сівалки та садильні машини повинні бути обладнані підніжками,

перилами із сторони спини сівача, захисними огорожами на зубчатих та ланцюгових передачах, пристосуваннями для очистки робочих органів і вирівнювання насіння та міндобрив в насінневному та туковисіваючому ящиках.

12. Посівні агрегати необхідно обладнати двохсторонньою сигналізацією, не допускається одночасне обслуговування одним працівником двох або більше сівалок під час руху агрегату.

13. Працюючих у польових умовах механізаторів необхідно забезпечити аптечками, питною водою, гарячим харчуванням.

14. Заміну, очищення та регулювання робочих органів навісних машин та знарядь, які знаходяться в піднятому стані, слід проводити після вжиття заходів, що запобігають їх самовільному опусканню.

Наголошуємо, що відповідно до п.8 «Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 квітня 2019 р. № 337 у разі отримання інформації про нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння) від безпосереднього керівника робіт, повідомлення від закладу охорони здоров'я, заяви потерпілого, членів його сім'ї чи уповноваженої ним особи тощо роботодавець зобов'язаний протягом двох годин повідомити:

- територіальний орган Держпраці;
- територіальний орган Фонду соціального страхування України;
- керівника підприємства (установи, організації), на території якого сталися нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння), якщо потерпілий є працівником іншого підприємства (установи, організації);
- керівника первинної організації профспілки незалежно від членства потерпілого в профспілці (у разі наявності на підприємстві (в установі, організації) кількох профспілок - керівникові профспілки, членом якої є потерпілий), а у разі відсутності профспілки - уповноваженій найманими працівниками особі з питань охорони праці;
- уповноважений орган чи наглядову раду підприємства (у разі її утворення);
- орган ДСНС у разі, коли нещасний випадок стався внаслідок пожежі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання проекту було встановлено наступне:

1. Недоліком базової конструкції бункера вказаної машини є нездатність до самоочищення стінок бункера, через що спостерігається накопичення препарату на його стінках. Це веде до втрат та неякісного оброблення препаратом насіння овочевих культур.

2. Вирішенням такої проблеми є встановлення в бункері для приготування порошкоподібних компонентів зворушувача. Такий пристрій дозволить примусово очищати стінки бункера від залишків препарату.

3. Встановлено, що примусове очищення стінок бункера сприяє повному використанню робочого препарату та відповідно ефективнішій обробці насіння.

4. Для досягнення поставленої мети виконано такі розрахунки: встановлено потужність, що споживає зворушувач – 1 кВт; встановлено сили і моменти, які діють на складові механізму; розраховано ресурс роботи підшипникового вузла, він складає 9995 год. при необхідному розрахунковому 8942,5 год; проведено розрахунок пасової передачі приводу черв'ячного редуктора зворушувача, встановлено необхідність використання паса профілю Б довжиною 0,8 м, міжцентрова відстань рівна 0,222 м, зусилля, необхідне для натягнення паса, дорівнює 4.9 Н для приробленого паса і 5.3 Н для нового паса; виконано розрахунок вала зворушувача, запас міцності становить 1,67; розрахунок шпонкового з'єднання показав необхідність використання призматичної шпонки розміром 14x9x105 для приєднання кулачка до вала.

Також розглянуто питання про можливі небезпеки при роботі агрегату для дражування насіння та основні вимоги безпеки при підготовці насіння.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Andreykiv O., Babii A., Dolinska I., Yadzhak N., Babii M. Residual lifetime prediction of field sprayer booms under the action of manoeuvre loading and corrosive environment. *Procedia Structural Integrity*. Volume 36, 2022, Pages 36-42.
2. Andrii Babii, Taras Dovbush, Nadiia Khomuk, Anatolii Dovbush, Anna Tson, Vasyl Oleksyuk, 2022. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity* No 36. 203-210.
3. Andrii Babii, Bohdan Levytskyi, Taras Dovbush, Mariia Babii, Nadiia Khomuk, Anatolii Dovbush, Volodymyr Valiashek. Mathematical model of sprayer tank loading. *Procedia Structural Integrity*. Volume 59, 2024, Pages 609-616.
4. Babii A., Babii M. Taking impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. *Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU*, 2019. Vol. 95, No 3, P. 97–104.
5. Babii A.; Aulin V.; Babii M.; Levytskyi B. (2022) Investigation of the working capacity of the operating body suspension functional-transporting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 105, no 1, pp. 5–12.
6. Syrotyuk A.M., Babii A.V., Barna R.A., Leshchak R.L., Marushchak P.O. Corrosion-Fatigue Crack-Growth Resistance of Steel of the Frame of a Sprayer Boom. *Materials Science*, 2021, 56(4), P. 466–471.
7. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Лівіцький О.М., Бабій А.В. Закономірності впливу високомодульних наповнювачів на розподіл полів напружень в поверхневих шарах деталей машин, виготовлених з полімерних композитних матеріалів. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2022. Вип. 5(36)_І. С. 55-70.
8. Бабий, А. Математическая модель нагрузки привода режущего аппарата косилки [Текст] / А. Бабий, М. Бабий, Т. Рыбак // *Motrol*, 2014. – Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin. Vol. 16, No 4. – С.275–284.
9. Бабій А.В. Аналіз параметрів штангового обприскувача з метою

збільшення його продуктивності. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No. 4. С. 51–55.

10. Бабій А.В. Дослідження впливу горизонтальних коливань штанги на рівномірність обприскування. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників, 16 червня 2020 р. Редкол. : Непочатенко О.О. (відп. ред.) та ін. Умань : ВПЦ «Візаві», 2020. С. 121–123.

11. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Машини для заготівлі кормів. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2022. 76 с.

12. Бабій А.В., Бабій М.В. Динамічна модель енергозберігаючого приводного механізму косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 145. “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. Харків, 2014. С.112–118.\

13. Бабій А.В., Бабій М.В. Дослідження впливу конструкторсько-технологічних факторів на запас міцності спинки ножа косарки. Вісник ХНТУСГ. Випуск 139. “Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва”. Харків, 2013. С.187–192.

14. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проєктування для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 144 с.

15. Бабій А.В., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Пристрій для прикореневого підживлення вегетуючих рослин. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С.68-69.

16. Бабій А.В., Головецький І.В., Герасимович П.В. Проблеми та перспективи розвитку картоплярства в Україні. Збірник тез доповідей X Міжнародної науковопрактичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “. Тернопіль 24-25 листопада 2021 року. ФОП Паляниця ВА. Т.1. С. 25-26.

17. Бабій А.В., Головецький І.В., Гладь Ю.Б. Дослідження кінематичних параметрів вібраційного лемеша картоплекопача з використанням комп'ютерної програми. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. "Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин", ЦНТУ. 2023. С.227-236.

18. Бабій А.В., Дзюра В.О., Головецький І.В. Дослідження впливу вертикальних коливань штанги обприскувача на рівномірність обприскування. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 5(36)_І. С. 216-226.

19. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.

20. Бабій А.В., Коноваленко С.І., Бабій М.В., Цепенюк М.І. Причіпний пристрій широкозахватної машини. Деклараційний патент на корисну модель 140142 А01В 59/06 (2006.01). Заявлено 24.06.2019, u201907015 опубліковано 10.02.2020, бюл. № 3/2020.

21. Бабій А.В., Рибак Т.І., Попович П.В., Господарський Я.Я., Сікорський С.П. Механізм зміни ширини колії. Деклараційний патент на корисну модель 73090 А01В 51/00; заявл. 01.03.2012, опубл. 10.09.2012, бюл. № 17.

22. Бабій М. В. Дослідження роботи енергозберігаючого приводного механізму косарки / Марія Василівна Бабій, Андрій Васильович Бабій // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. — Том 77. — № 1. — С. 149-161. — (Машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної

обробки).

23. Бабій А., Лещак Р., Барна Р. Корозійна тривкість сталі рами штангових обприскувачів у рідинному середовищі агрохімікатів. Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів: спец. вип. журналу „Фізико-хімічна механіка матеріалів”. № 13. Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2020. С. 356–360.

24. Бабій А.В., Рибак Т.І., Бабій М.В. Обґрунтування конструктивних особливостей енергозберігаючого приводного механізму косарки. Вісник ХНТУСГ. – Випуск 134 “Технічний сервіс машин для рослинництва”. Харків, 2013. С.116–122.

25. Головецький І.В., Бабій А.В. Конструктивні особливості та ефективність роботи міні картоплекопачів. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч.ІІ. С. 134-143.

26. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.

27. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / За ред. Є.П. Желібо, В.М.Пічі. Львів: „Новий світ–2000”, 2002. – 328 с.

28. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навч. пос. К.: КНЕУ, 2003. 215с.

29. Ластівка М.М. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти аграрних технікумів і коледжів зі спеціальності 208 Агроінженерія. Ладизинський коледж, 2019. 374 с.

30. Левицький Б.Б., Бабій А.В. Аналіз конструктивних особливостей мініобприскувачів для невеликих фермерських господарств. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч.ІІ. С. 116-125.

31. Левицький Б.Б., Бабій А.В. Дослідження опору переміщенню обприскувача. Матеріали ІV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the

reliability and efficiency of machines, processes and systems", Кропивницький : ЦНТУ, 2022. С.106-107.

32. Лещак Р.Л., Бабій А.В., Барна Р.А., Бабій М.В., Гіряк Р.С., Сиротюк А.М. Корозійна тривкість покриття каркаса штанги сільськогосподарського обприскувача. ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ. Том 58, №2. Львів: Фізико–механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2022. С. 116–121.

33. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УССР Г. С. Писаренко. К.:Вища школа, 1974. 304 с.

34. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. К.: Вища шк., 1993. 556 с.

35. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.

36. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / за ред. Д. Г. Войтюка; авт. кол.: / Д.Г. Войтюк, С.С.Яцун, М.Я. Довжик. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.

37. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 3: Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / П.В. Сисолін, М.М. Петренко, М.О. Свірень; За ред. М.І. Черновола. К.: Фенікс, 2007. 432 с.

38. Сушарка дражованого насіння СДС-4. Інструкція по експлуатації СДС-4. Львів, 1980. 80с.

39. Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 163 с.