

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: Підвищення ефективності використання протруювача при  
обробці насіння зернових культур

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

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Дем'янчук А. В.

(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 Дем'янчуку Андрію Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності використання протруювача при  
обробці насіння зернових культур

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 24.06.2023

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

Продуктивність машини за годину основного часу 20 т/год;

експлуатаційного часу 16 т/год;

робоча швидкість 0,7±0,1 м/хв; подача дозатора 0,5...3,5 л/хв;

споживана потужність не більше 10 кВт.

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

Вступ. 1. Аналіз відомих технологій протруювання зернового матеріалу.

2. Рекомендації з підвищення продуктивності протруювача.

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; Протруювач камерний ПК-20. СК; Шнек завантажувальний.

СК; Шнек. СК; Бак. СК; Загальні висновки.



## Реферат

*Мета і завдання дослідження* – підвищити ефективність використання протруювача при обробці насіння зернових культур.

Мета досягається шляхом модернізацій живильника протруювача камерного, що підвищує його продуктивність та надійність роботи.

Мета реалізовується при вирішенні наступних завдань:

проведено аналіз відомих технологій протруювання зернового матеріалу;

розроблено рекомендації з підвищення продуктивності протруювача;

обґрунтовано параметри живильника для протруювача камерного ПК-20;

розраховано вал та параметри приводу живильника протруювача.

*Об'єктом дослідження* – протруювач камерний.

*Предмет дослідження* – технологічний процес протруювання насіння зернових культур.

*Практичне значення* – проведене удосконалення системи завантаження насіння через модернізацію живильника протруювача камерного дозволило підвищити продуктивність протруювача.

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

*Ключові слова.* Технологічний процес протруювання насіння, протруювач, живильник, продуктивність, привод.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОТРУЮВАННЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ .....	6
1.1 Найбільш поширені хвороби зернових культур .....	6
1.2 Заходи щодо запобігання хворобам зернових культур .....	9
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра .....	14
2. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОТРУЮВАЧА	15
2.1 Основні відомості про базову конструкцію протруювача .....	15
2.2 Підготовка протруювача до роботи .....	21
2.3 Аналіз конструктивних і функціональних особливостей машин-аналогів.....	28
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА .....	35
3.1 Обґрунтування параметрів живильника для протруювача камерного ПК-20 .	35
3.2 Розрахунок вала живильника протруювача .....	42
3.3 Уточнений розрахунок вала живильника протруювача.....	46
3.4 Зведені результати розрахунків елементів з'єднання .....	49
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	52
4.1 небезпека ураження електричним струмом при роботі з протруювачем.....	52
4.2 Основні засади охорони праці при роботі з протруювачем.....	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	57
ДОДАТКИ .....	61

## ВСТУП

Удосконалення технології протруювання насіння за допомогою точного дозування робочого препарату має значний потенціал для підвищення ефективності обробки, зниження витрат і мінімізації впливу на довкілля. Важливість цього аспекту полягає у забезпеченні ідеального балансу між необхідною кількістю препарату і відсутністю його надлишку, що може бути шкідливим або неефективним.

Автоматизація процесу дозування сприяє точному нанесенню хімічних речовин на насіння, дозволяючи враховувати різноманітність насінневого матеріалу і специфіку протруйників. Сучасні технології забезпечують регулювання кількості препарату відповідно до заданих параметрів, що знижує ризик помилок та забезпечує більш сталі результати. Це важливо не тільки для підвищення якості обробки, але і для запобігання забрудненню довкілля через надмірне використання хімічних засобів.

Оптимізація процесу протруювання насіння через точне дозування також сприяє підвищенню однорідності покриття насіння. Коли кожне зерно насіння отримує однакову кількість захисного препарату, це забезпечує більш стабільні умови для їх проростання та розвитку. Такий підхід важливий для забезпечення рівномірних сходів і, відповідно, більш прогнозованого врожаю.

Реалізація таких передових технологій вимагає інвестицій у високотехнологічне обладнання та розробку програмного забезпечення, що здатне аналізувати та оптимізувати процеси в реальному часі [1-6]. Проте, вигоди від такого підходу значно переважають початкові витрати, оскільки вони забезпечують вищу якість насінневого матеріалу, зменшення витрат на захисні речовини та, в кінцевому підсумку, вищу продуктивність сільськогосподарських культур.

# 1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОТРУЮВАННЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ

## 1.1 Найбільш поширені хвороби зернових культур

Протягом останніх років кореневі гнилі становлять значну частину (50-60%) серед захворювань зернових культур. Незважаючи на застосування фунгіцидів і протруювання насіння, ефективність таких заходів часто залишається недостатньою. Основною проблемою є вибір протруйника, який здійснюється переважно за такими критеріями: вартість препарату за одиницю, рекомендована доза на тону насіння, наявність фінансів для придбання дорогих препаратів із широким спектром дії, а також спираючись на досвід минулих років. Проте, такий підхід ігнорує важливий аспект – аналіз видового та кількісного складу інфекції, що присутня на насінні та у ґрунті, де воно буде висіватися. Цей аспект є ключовим для обирання адекватного протруйника.

Весняне танення снігу запускає процеси розвитку різноманітних хвороб у прикореневій зоні озимої пшениці, таких як церкоспорельоз, ризоктоніоз та фузаріоз. Цей період співпадає з часом закладання колоскових бруньок, що збільшує ризик зниження кількості зерен у колосі та, відповідно, продуктивності рослин і врожайності. Хвороби продовжують вражати рослину на всіх етапах її розвитку аж до стиглості, уражаючи стебло та блокуючи провідні тканини, що спричиняє недорозвиненість зерна. Ефективне ранньовесняне виявлення та діагностика хвороб прикореневої частини стебла пшениці є критично важливими для планування фунгіцидних обробок та мінімізації потенційних втрат урожаю.

На практиці виявлення та точне ідентифікування типу прикореневої гнилі може бути вкрай складним завданням. Візуальна діагностика часто є ненадійною через те, що збудники цих захворювань є некротрофами, які викликають некрози. Хвороби зазвичай розвиваються в ґрунті або відразу над

ним, де органи рослин відмирають, найчастіше через природний процес старіння. Через особливості ґрунту як середовища, де розвивається захворювання, дуже часто одна рослина може бути вражена одночасно кількома збудниками, які викликають різні типи корневих гнилей.



Рисунок 1.1 – Хвороби озимої пшениці в прикореневій зоні

Хоча симптоми різних корневих гнилей можуть бути подібними, ступінь їх шкідливості варіюється, що вимагає індивідуального підходу при виборі методів захисту. Церкоспорельоз є однією з найнебезпечніших хвороб прикореневої частини стебла пшениці. Його симптоми, такі як темно-бура плямистість, легко можуть бути сплутані з проявами інших хвороб, зокрема ризоктоніозу або фузаріозу.

Церкоспорельоз відомий як основна причина вилягання зернових культур, що веде до масштабних втрат урожаю. Хвороба пошкоджує стебло біля основи, що призводить до його переламування, але навіть менші ураження можуть бути шкідливими. Збудник закупорює провідні судини стебла, блокуючи проходження води та поживних речовин, що серйозно впливає на стан рослини.



Ризоктоніоз, з іншого боку, хоч і знижує кількість зерен у колосі, є менш шкідливим у пізніх фазах вегетації порівняно з церкоспорельозом і часто не вимагає застосування спеціальних захисних заходів. Однак, шкідливість фузаріозної прикореневої гнилі набуває особливої серйозності через її вплив на колос і зерно, можливо забруднюючи останнє мікотоксинами, що робить зерно небезпечним для споживання та корму для тварин.

Що стосується церкоспорельозу, він історично пов'язаний із грибком *Pseudocercospora herpotrichoides*, але сучасні дослідження розрізняють два види збудників – *Tapesia yallundae* і *T. aciformis*, що виявляють варіативність у впливі на рослини. *T. yallundae*, зокрема, викликає більш інтенсивне ураження пшениці порівняно з *T. aciformis*, що підтверджено різними науковими спостереженнями.

*T. yallundae* вважається більш шкідливим на пшениці, ніж *T. aciformis*, який, у свою чергу, проявляє більшу патогенність на житі. Коли вони спільно вражають посіви, пізніша сівба сприяє перевазі *T. yallundae*, тому що *T. aciformis* росте повільніше і важко адаптується до зимових умов. Також, суворі зимові морози негативно впливають на *T. aciformis*, який не встигає проникнути глибше у тканини рослини і відмирає від морозів, тоді як *T. yallundae*, проникаючи до нижніх шарів листя, має кращий захист. Проте, *T. aciformis* має кращі шанси виживати взимку.

Враховуючи відмінності в епідеміології та шкідливості обох видів *Tapesia*, заходи захисту необхідно розробляти, з огляду на конкретний вид збудника, що переважає в кожному випадку. У господарствах, де переважає *T. aciformis*, можливе стримування хвороби шляхом уникнення ранніх сівб, а в тих, де домінує *T. yallundae*, потрібні більш інтенсивні заходи, такі як весняні обробки фунгіцидами.

На жаль, в Україні існує обмежена кількість даних про розповсюдження окремих видів *Tapesia*, хоча вперше хворобу озимої пшениці зареєстровано ще у 60-х роках. Останні спостереження показують, що у центральних регіонах України переважає *T. aciformis*, тоді як у південних і західних – *T. yallundae*.

Водночас, видовий склад збудників може змінюватись в залежності від конкретного господарства або поля.

Щодо ризоктоніозу пшениці, до кінця 70-х років цю хворобу пов'язували з видом *Rhizoctonia solani*, який відомий своєю шкодою для різних сільськогосподарських культур. Проте сучасні дослідження вказують, що головним збудником цієї хвороби є *Rhizoctonia cerealis*. Хоча *Rhizoctonia solani* також може викликати кореневу гниль на зернових, включаючи пшеницю, згадки про такі випадки в Україні вкрай рідкісні.

Фузаріоз стебла, який також відомий як побуріння основи стебла, може бути викликаний кількома видами грибів роду *Fusarium*, зокрема такими небезпечними для колосу як *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. poae*/*F. sporotrichiella*. Цікаво, що більшість фузарій часто виявляються не як первинні збудники хвороб, а оселяються на вже уражених корневих тканинах після атаки церкоспорельозу або ризоктоніозу, а також на природно відмерлих коренях.

Через візуальну схожість симптомів та різноманітність збудників прикорневих гнилей, які мають різну патогенність та шкідливість, критично важливим є знання видового складу збудників на конкретних полях. Така інформація дозволить не тільки визначити необхідність проведення весняних обробок посівів фунгіцидами, але й обрати найбільш ефективні засоби захисту пшениці від хвороб. Глибоке розуміння різноманітності хвороб рослин, які можна контролювати через протруювання насіння, є необхідним для забезпечення здоров'я посівів і майбутнього врожаю.

## **1.2 Заходи щодо запобігання хворобам зернових культур**

Здорове насіння є важливою передумовою для успішного збільшення виробництва зерна. Реалізація цього фактора починається з оптимізації сівозміни, обробітку та удобрення ґрунту, а також вибору правильного часу для

сівби. Всі ці аспекти формують загальну стратегію вирощування зернових культур, яка спрямована на підвищення врожайності та поліпшення якості зерна.

У поточних умовах, коли аграрії зіштовхуються з обмеженнями в матеріально-технічних і фінансових ресурсах, все частіше застосовуються спрощені методи вирощування зернових, що не завжди забезпечують очікувані показники врожайності та якості зерна. Особливо відчутно це на фоні зменшення площ під озимою пшеницею, які становлять 7–8 млн гектарів, де несприятливі погодні умови восени та взимку можуть значно вплинути на врожай. Для компенсації зниження виробництва харчового та кормового зерна, господарства звертають увагу на вирощування ярих культур, таких як пшениця, ячмінь, овес, просо та кукурудза, і розглядають можливість розширення площ під яру пшеницю до 800 тисяч гектарів.

З наближенням весняно-польових робіт важливою стає підготовка до них, зокрема своєчасне забезпечення та оздоровлення посівного матеріалу зернових культур є ключовими аспектами організаційно-господарських заходів, які допоможуть забезпечити успішний сівбовий сезон.

Агрокліматичні умови попередньої вегетації створили сприятливі умови для розвитку хвороб в посівах ярих культур, таких як пшениця, ячмінь, вівса та інші. Існує реальна можливість, що насіння цих культур може бути заражене патогенами, що спричиняють грибні, бактеріальні або вірусні хвороби. Розуміння динаміки зараження та правильне застосування заходів захисту мають критичне значення для збереження продуктивності посівів. Хвороби можуть зменшувати врожайність зерна на 10–15% і навіть більше.

Серед поширених хвороб в посівах виділяються сажкові хвороби (тверда, летюча, карликова сажка), які раніше призводили до 10% втрат урожаю. Проте завдяки ефективному протруюванню насіння, ці втрати зменшені. Попри це, якщо не здійснювати відповідні заходи проти сажкових хвороб, патогени продовжують розмножуватися і значно знижувати урожаї. Сажка особливо

сильно поширена в ряді областей України, іноді охоплюючи значні площі, де враженість колосків може досягати 3,6%.

Ці хвороби переважно атакують колос, що веде до потемніння та руйнування тканин колосу, де замість зерна формуються темнозбарвлені спори. Ураження рослин може відбуватися як у стадії проростання насіння, так і під час цвітіння через різні частини квітки. Спори проростають у висіяному зерні при температурі від 5 до 25°C і вологості ґрунту від 50 до 70% на четвертий або п'ятий день після сівби.

Під час збирання та обмолоту уражене зерно легко руйнується, і спори твердої сажки розсіюються, осідаючи на поверхні здорових зерен. Продовжене споживання ячменю з домішкою сажкових грудочок може призводити до порушення серцевої діяльності у корів, викликаючи кульгавість, зниження апетиту та молочної продуктивності, а вівці можуть навіть загинути. Сажка, зокрема бура листкова та карликова, є однією з найпоширеніших хвороб у країні. У минулому році ця хвороба призвела до значного недобору врожаю на 30-40% площ, а в деяких областях – до 50-100% площ і 10-36% рослин зернових культур. Хвороба зазвичай вражає листя, порушуючи водний режим рослин, що сприяє збільшенню транспірації, зниженню фотосинтезу та слабкому розвитку кореневої системи, погіршуючи посухостійкість рослин. Сильне ураження особливо небезпечне в осінній період, коли рослини можуть слабшати та гинути протягом зими, призводячи до зменшення кількості зерен у колосі, їх плоскості, а також до погіршення якості зерна через зменшення вмісту білка. Борошниста роса, хоч і рідше, також шкодить зерновим, особливо в загущених посівах та пізніх строках сівби, знижуючи врожайність на 15-20%. Коренева гниль, залежно від збудника, може спричинити зрідження посівів, зменшення кількості зерен у колосі та їхньої маси, пустоколосість, і під час теплої вологої погоди може призвести до плюсклості зерна і побуріння його зародка.

Ураження церкоспорельозом значно ослаблює стебла у зоні враження, спричиняючи їх подальше зламування та вилягання рослин. Офіобольозна

коренева гниль викликає білоколосість, при якій у хворих рослин за підвищеної вологості на колосках формується оливкова пліснява, що може призвести до чорного зародка насіння. Що стосується ячменю, то найбільшу шкоду завдають плямистості-гельмінтоспоріози (темно-бурий, смугастий, сітчастий), які при підвищеній вологості повітря розповсюджуються зерном та рештками рослин, створюючи умови для епіфітотії. Септоріоз, аскохітоз, ринхоспоріоз та інші плямистості, які також виникають при високій вологості повітря, негативно впливають на здоров'я рослин і можуть значно зменшити урожай. Уражене зерно пшениці знижує вміст білкового азоту та схожість насіння. Загроза від альтернаріозу зростає, оскільки хвороба викликає фізіологічне недорозвинення зерна, що знижує його проростання та сприяє розвитку корневих гнилей та інших хвороб, ведучи до значного падіння урожайності.

Зернові культури також часто страждають від бактеріальних хвороб, включно з бактеріозами (базальний, чорний, бактеріальний опік) та бактеріальними гнилями, які значно знижують продуктивність рослин. До вірусних хвороб, що вражають зернові, належать мозаїка, блідо-зелена карликовість та інші, спричиняючи зниження врожаю на 10–15%. Більшість збудників цих хвороб зберігаються у насінні та рослинних рештках, тому запобігти втратам зерна від хвороб можна за допомогою організаційно-господарських та профілактичних заходів. Зокрема, слід дотримуватись сівозміни, балансованої системи удобрення, готувати ґрунт і не висівати зернові на одних і тих самих полях кілька років підряд.

Необхідно вибирати районовані сорти, високопродуктивні та стійкі до найбільш небезпечних хвороб. Зазвичай, у господарствах вирощують 2–3 сорти пшениці, ячменю та інших зернових культур з метою товарного виробництва. Також потрібно здійснювати ретельне очищення, калібрування та протруювання насіння як обов'язковий технологічний захід. Протруювання насіння не тільки знищує збудників хвороб у посівному матеріалі, але й захищає проростки від патогенів, які можуть зберігатися в ґрунті.

Для підвищення якості протруєння і забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов застосовують суспензії препаратів або вологі змочування, з розрахунку 10 л води на 1 тону насіння. Після фітопатологічної експертизи, яку проводять контрольно-насінневі інспекції та станції захисту рослин, здійснюється вибір протруйників залежно від їх фунгітоксичної дії, захисного потенціалу проти хвороб та вартості. Протруйники, як правило, мають системну або контактну-системну дію і зазвичай містять декілька діючих речовин. Триазольні похідні, як Раксіл, Сумі 8-фло, Вінцит, Лоспел, Дивіденд Стар, ефективно борються з інфекціями і захищають сходи від повітряних хвороб. Використання концентрованих суспензій і масляно-водних емульсій визнано особливо ефективним. В Україні існує широкий асортимент якісних препаратів для протруювання насіння, які застосовують відповідно до затвердженого переліку пестицидів і агрохімікатів. Загальні потреби сільгоспвиробників країни в протруйниках для ярих колосових культур складають близько 1 тисячі тонн на суму 72 мільйони гривень.

Для протруювання насіння використовуються такі протруювачі як ПС-10, "Мобітокс", ПСШ-5 та інші, налаштовані на точний розподіл препарату згідно із заданою нормою витрати. Якісне технічне протруювання є ключовою умовою для ефективності застосування протруйників.

Протруювання насіння – це остання операція перед посівом, яка виконується в спеціально визначений час для кожної культури. Цей процес сприяє рівномірному розподілу ресурсів, таких як площа живлення, волога і сонячне світло, а також допомагає боротися з бур'янами. Перед висіванням зернових культур насіння обробляють препаратом Рубіж, к.е., у дозі 2 л на тонну, щоб захистити проростки та сходи від шкідників, таких як цикадки, попелиці, злакові мухи, хлібні жуки, трипси. Загалом, комплексне і своєчасне застосування різноманітних технологічних заходів, таких як сівозміна, використання сортового потенціалу, обробка ґрунту, удобрення та захист рослин за допомогою агротехнічних і хімічних методів, гарантує здорові посіви і високі врожаї зерна.

Ефективність цього процесу значно підвищується завдяки використанню високопродуктивних і технологічно вдосконалених машин для протруювання насіння.

### **1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра**

В контексті зростаючих вимог до аграрної індустрії сучасні агропідприємства потребують більш високої продуктивності та ефективності від технічного обладнання. Протруювач камерний ПК-20, який використовується для обробки насіння, наразі має обмеження за продуктивністю, що не дозволяє повною мірою задовольнити потреби ринку.

Базова конструкція ПК-20 має продуктивність, яка не відповідає сучасним вимогам. Це створює проблему при швидкісному обробленні великих обсягів насіння, особливо в пік сезону посіву. Значне збільшення продуктивності є критичним для підтримання конкурентоздатності на ринку.

Однією з ключових областей для модернізації є шнековий Т-подібний живильник. Пропонується вдосконалити його шляхом інтеграції уніфікованих елементів та вузлів, виробництво яких вже налагоджено на вітчизняному виробництві. Це забезпечить не тільки збільшення продуктивності, але й покращення якості обробки насіння.

Перед впровадженням вдосконалень важливо провести уточнюючі розрахунки для визначення оптимальних параметрів елементів, що використовуються. Це дозволить виключити зайві запаси міцності та оптимізувати конструкцію з метою збільшення продуктивності.

Модернізація протруювача ПК-20 через вдосконалення шнекового живильника та інших ключових компонентів дозволить забезпечити високу продуктивність обладнання, що є необхідним для задоволення потреб сучасного аграрного сектору. Ці зміни сприятимуть підвищенню ефективності роботи, зниженню витрат на обслуговування та підтримці конкурентоспроможності на ринку.

## **2. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОТРУЮВАЧА**

### **2.1 Основні відомості про базову конструкцію протруювача**

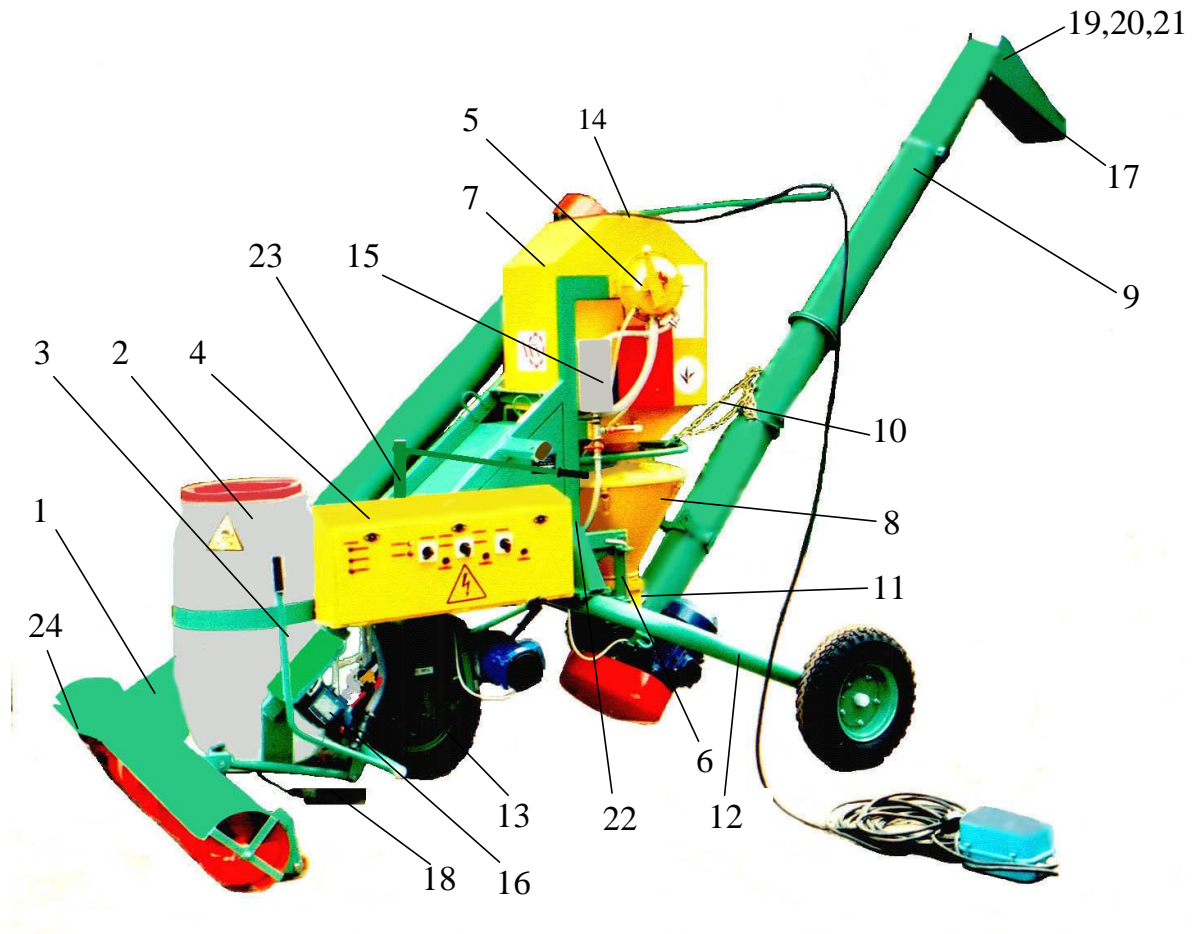
Протруювач камерний ПК-20 "Супер" представляє собою автоматизовану самохідну установку з електричним приводом ключових механізмів, розроблену для точної обробки насіння. Оснащений різноманітними компонентами, такими як завантажувальний і вивантажувальний шнеки, резервуар, бункер для насіння, камера протруювання, консоль управління, насосна система, дозатори для рідини та насіння, цей протруювач вбудований у мобільну раму з пневматичними шинами, що забезпечує легкість переміщення.

Протруювач ПК-20 "Супер" виконує весь спектр необхідних технологічних операцій, починаючи від приготування робочої рідини до завантаження, протруювання, і закінчуючи вивантаженням обробленого насіння. Процес протруювання включає кілька послідовних етапів: насіння спочатку завантажується через завантажувальний шнек з бурта в бункер, де, за допомогою дозатора насіння, воно потрапляє у камеру протруювання. Тут відбувається змішування насіння з робочою рідиною, яке подається через дозатор рідини, після чого насіння вивантажується через вивантажувальний шнек. Така послідовність операцій дозволяє досягти високої ефективності обробки і забезпечити якість протруюваного насіння [26].

Для забезпечення неперервності та високої точності процесу протруювання, подача насіння і робочої рідини в камеру синхронізовані через трійку датчиків, розташованих усередині бункера для насіння. Ці датчики дозволяють автоматично зупинити процес протруювання у разі відсутності насіння, тим самим підвищуючи ефективність і забезпечуючи безпеку операторів. Ця авансована система контролю та автоматизації робить протруювач ПК-20 "Супер" відмінним рішенням для масштабного виробництва



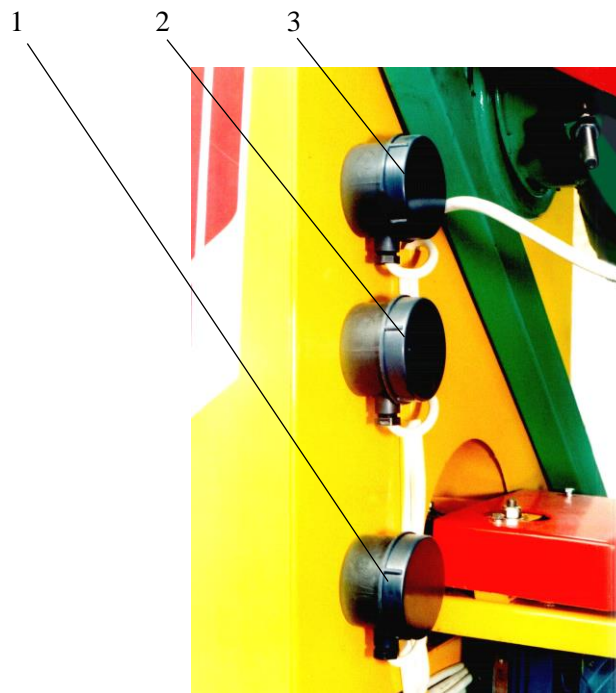
в аграрній галузі, забезпечуючи оптимальну продуктивність і економію витрат. Вдосконалена автоматизація також знижує ризики людської помилки та забезпечує більш рівномірну та якісну обробку насіння, що важливо для підвищення врожайності і здоров'я рослин.



1 – завантажувальний шнек; 2 – резервуар; 3 – важіль для підйому завантажувального шнека; 4 – консоль управління; 5 – дозувальник робочої рідини; 6 – кріплення вивантажувального шнека в транспортному стані; 7 – контейнер для насіння; 8 – камера для протруювання; 9 – вивантажувальний шнек; 10 – транспортер; 11 – шланг; 12 – основа; 13 – привід самоходу; 14 – затискач; 15 – мірний циліндр; 16 – насосна станція; 17 – жолоб; 18 – скребок; 19 – ось; 20 – шайба розміром 10; 21 – шплінт 3.2x32; 22 – аварійний вимикач; 23 – рульове колесо; 24 – навіс

Рисунок 2.1 – Протруювач камерний ПК-20 “Супер”

Протруювач функціонує у трьох наступних режимах: а) налаштування – для тестування та регулювання електричного обладнання та механізмів; б) два автоматичних режими для виконання протруювання: головний режим "А3" – із трьома датчиками рівня і допоміжний режим "А2" – із двома датчиками рівня (без середнього). Режим "А2" застосовується, коли: високий бурт і значна сипучість насіння призводять до того, що завантажувальний шнек заривається в бурт і не встигає забрати насіння для подачі у бункер.

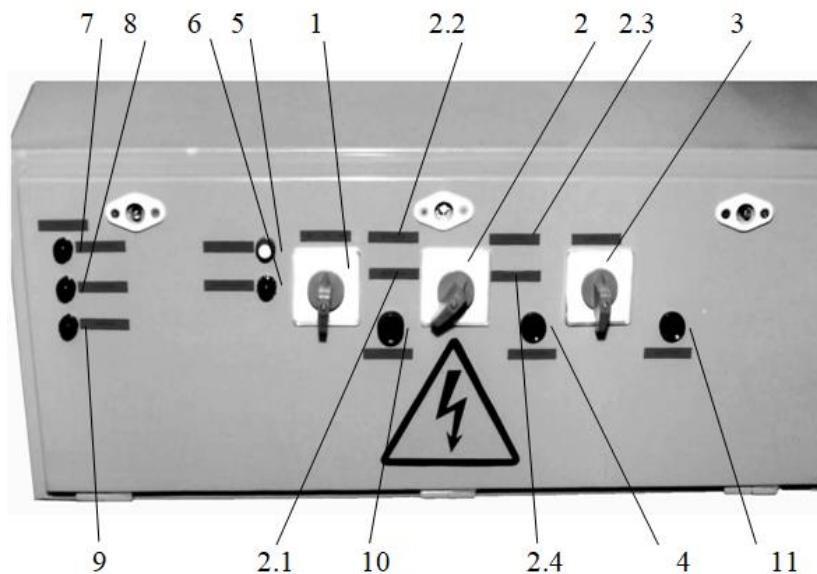


1 – нижній; 2 – середній; 3 – верхній  
Рисунок 2.2 – Датчики управління

У режимі "А3", верхній датчик управляє приводом завантажувального шнека, середній датчик керує приводом самоходу, а нижній - приводами дозатора рідини, дозатора насіння та розпилювача. У режимі "А2", верхній датчик управляє приводом завантажувального шнека, середній датчик не задіяний, нижній датчик управляє приводами самоходу, дозатора рідини, дозатора насіння та розпилювача.

У автоматичному режимі "А3" з трьома датчиками рівня насіння, коли перемикач (1) (рис.2.3) "Режим роботи" встановлено в положення "А3" та натиснуто кнопку (10) "Пуск", активуються електродвигуни завантажувального

і вивантажувального шнеків, самоходу, а також насосної установки, при цьому індикаторні лампочки (7...9) не світяться.



1– перемикач "Режими роботи"; 2– перемикач "Налаштування"; 2.1– положення "Міксер"; 2.2 – положення "Дозування"; 2.3 – положення "Завантаження"; 2.4 – положення "Вивантаження"; 3 – перемикач "Привід"; 4 – кнопка "Блокування"; 5 – індикатор "Електроживлення"; 6 – сигнальна лампа "Блокування"; 7 – індикатор "Верхній датчик"; 8 – індикатор "Середній датчик"; 9 – індикатор "Нижній датчик"; 10 – кнопка "Старт"; 11 – кнопка "Повне вивантаження насіння".

Рисунок 2.3 – Контрольна панель

Коли протруювач активний, бункер (7) (див. рис. 2.1) постійно наповнюється насінням. Наповнення бункера до рівня нижнього датчика активує приводи дозаторів рідини та насіння, а також розпилювача, починаючи процес протруювання насіння та його вивантаження. Якщо бункер заповнюється до рівня середнього датчика, зупиняється привід протруювача, а при досягненні рівня верхнього датчика припиняється подача насіння. Коли рівень насіння опускається нижче верхнього датчика, відновлюється завантаження бункера; коли нижче середнього датчика, вмикається привід протруювача; а коли нижче нижнього датчика, зупиняється подача насіння та робочої рідини, але продовжується завантаження бункера.

Коли бункер досягає рівня нижнього датчика, загоряється індикатор (9)

"Нижній датчик"; коли досягає рівня середнього датчика, загоряється лампа (8) "Середній датчик"; а при досягненні верхнього рівня – лампа (7) "Верхній датчик".

Отже, робота протруювача розподілена таким чином: нижній датчик контролює роботу електродвигунів дозаторів рідини, насіння та розпилювача; середній датчик керує електродвигуном самоходу; а верхній датчик – електродвигуном завантажувального шнека.

У автоматичному режимі "А2", який функціонує на основі верхнього та нижнього датчиків: Після встановлення перемикача (1) (рис. 2.3) у положення "А2" та натискання кнопки (10) "Пуск", активуються електродвигуни завантажувального та вивантажувального шнеків, самоходу та насосної установки, при цьому індикаторні лампи (7...9) залишаються неактивними.

Протруювач рухається вперед, і бункер (7) (див. рис. 2.1) заповнюється насінням. Коли рівень насіння досягає нижнього датчика, привід самоходу (13) зупиняється, а електродвигуни дозаторів рідини, насіння та розпилювача активуються, запускаючи одночасне подання насіння та робочої рідини у камеру протруювання (8), де починається процес протруювання та вивантаження.

Коли бункер заповнюється до рівня верхнього датчика, подача насіння припиняється. Якщо рівень насіння опускається нижче верхнього датчика, завантаження бункера відновлюється, а коли насіння опускається нижче нижнього датчика, відновлюється рух самоходу та одночасно вимикаються приводи дозаторів рідини, насіння та розпилювача, що призводить до припинення процесу протруювання, а протруювач продовжує рух до бурту для завантаження насіння у бункер.

Коли бункер досягає рівня нижнього датчика, активується індикатор (9) "Нижній датчик" (рис. 2.3), а коли бункер заповнюється до рівня верхнього датчика, світиться індикатор (7) "Верхній датчик". Нижній датчик контролює роботу електродвигунів дозаторів рідини, насіння та розпилювача, а також самохода, тоді як верхній датчик відповідає за роботу завантажувального

шнека.

Опис технічних характеристик протруювача наведено нижче.

Протруювач ПК-20 "Супер" є високоефективним самопересувним обладнанням, розробленим для протруювання насіння пшениці та інших сільськогосподарських культур. Цей апарат має здатність обробляти від 3 до 20 тонн насіння за одну годину основного часу та від 2 до 16 тонн за годину експлуатаційного часу, забезпечуючи при цьому високу якість обробки.

У робочому та транспортному положенні габарити протруювача залишаються незмінними: довжина становить 1940 мм, ширина – 2900 мм, та висота – 2070 мм. Це робить пристрій компактним і легко адаптованим до різних робочих умов.

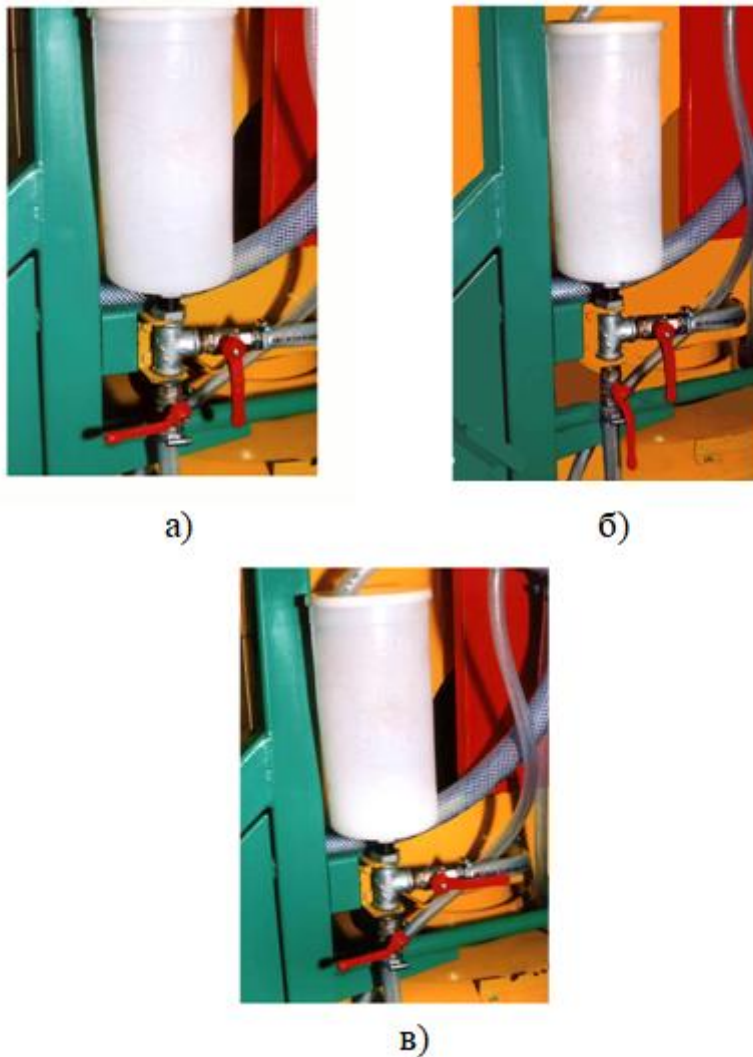
Бак для робочої рідини має місткість не менше 160 літрів, забезпечуючи продуктивну та тривалу роботу без необхідності частого поповнення. Система дозування забезпечує подачу рідини зі швидкістю від 0,5 до 3,5 літрів на хвилину, що дозволяє точно регулювати кількість використовуваних розчинів. Робоча швидкість протруювача складає приблизно 0,7 метрів на хвилину, з допустимим відхиленням  $\pm 0,1$  м/хв, що забезпечує ефективне просування машини на робочій площі.

Протруювач споживає до 5,5 кВт електроенергії, що робить його енергоефективним варіантом для сучасного агробізнесу. Персонал, який необхідний для обслуговування обладнання, включає одного оператора під час протруювання насіння і додаткових двох допоміжних робітників для переїздів у межах складу.

Конструкційна маса протруювача, разом з усіма робочими органами та пристроями, не перевищує 655 кг, що робить його відносно легким і маневреним. Протруювач має гарантований термін служби не менше 5 років, забезпечуючи довготривалу і надійну роботу в аграрній індустрії.

## 2.2 Підготовка протруювача до роботи

Перед початком використання перевірте комплектацію протруювача та проведіть його розконсервацію. Керувальні елементи призначені для управління процесами протруювання, в той час як контрольні прилади слугують для моніторингу стану роботи протруювача. Управління здійснюється за допомогою перемикачів (1...3) (рис. 2.3) і кранів, положення ручок яких відображено на рис. 1.5. Контрольні прилади включають мірний циліндр (15) (рис. 2.1), бункер для насіння (7), шкали дозаторів насіння та рідини, а також сигнальні лампи на панелі управління [26].



а – позиція "Проба"; б – позиція "Злив"; в – позиція "Робота"  
Рисунок 2.4 – Позиції кранів

Перед початком роботи переконайтеся в надійному кріпленні усіх

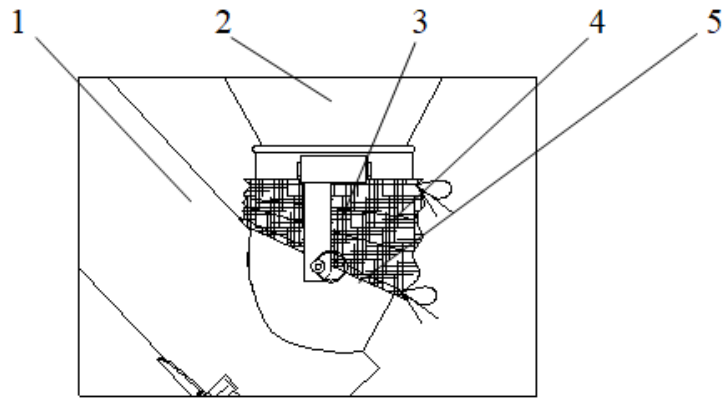
складових частин, деталей та шлангових з'єднань, а також в належному натягу пасових передач. Також важливо перевірити надійність монтажу електропроводів у пульті керування.

Механізми протруювача, такі як привод шнеків (редуктор завантажувального шнека) і мотор-редуктор самохода, а також ланцюговий привод диска насіння, змащені на заводі-виготовлювачі і не вимагають додаткового змащення протягом всього періоду експлуатації.

Перевірте тиск у шинах і, якщо необхідно, доведіть його до стандартного рівня. Недостатній тиск у шинах самоходу може призвести до пробуксовки ведучого ролика. Нормальний тиск у шинах самоходу становить  $0,33 \text{ МПа} \pm 0,01$  ( $3,3 \text{ кгс/см}^2$ ), а у задніх коліс –  $0,3 \text{ МПа} \pm 0,01$  ( $3,0 \text{ кгс/см}^2$ ).

Переставте вивантажувальний шнек з транспортного положення в робоче. Положення А (рис. 2.4) слугує для транспортування протруювача від заводу до споживача.

Для переміщення вивантажувального шнека у транспортне положення Б перед його налаштуванням для роботи виконайте такі дії: а) зніміть хомут (8) (рис. 2.4, а), відкрутивши болт (1) та гайку (5); б) послабте кріплення (2, 5) і опустіть вивантажувальний шнек до рівня, коли нижній край трафарета (7) вирівнюється з верхнім краєм хомута (9); затягніть кріплення хомута (рис. 2.4, б); в) відкрутіть болт (4) (рис. 2.4, б) та гайку (5), зніміть верхню точку кріплення вивантажувального шнека з рами; г) демонтуйте захисну кришку з фланців циліндричних кожухів; д) приєднайте з'єднувальний рукав (4) (рис. 2.5) від комплекту протруювача до камери (2) і налаштуйте підвіски (3) для правильного кріплення.

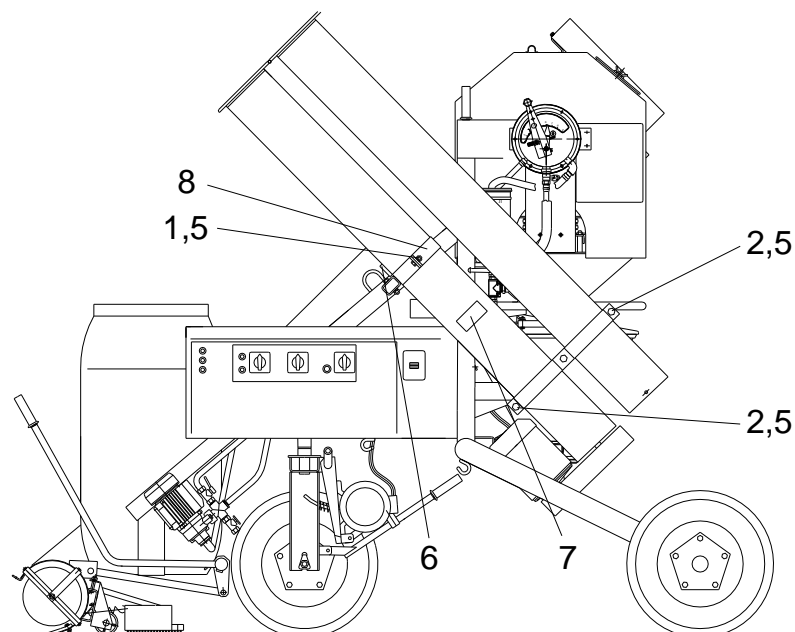


1 – шнек; 2 – камера; 3 – підвіски; 4 – з’єднувальний рукав;  
5 – пружинне кільце

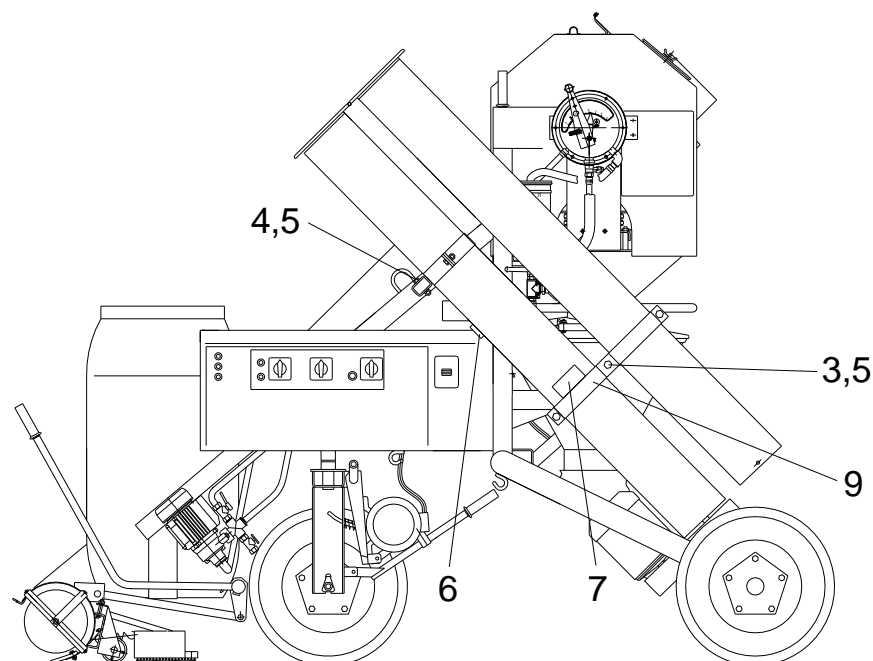
Рисунок 2.5 – Монтаж вивантажувального шнека на камері протруювання

е) Утримуючи шнек (1) вертикально, нахиліть його до себе, встановіть підвіски (3) так, щоб отвори на них збіглися з осями на горловині шнека (1), і зафіксуйте їх за допомогою пружинних кілець (5); є) Тримавши шнек, зніміть нижнє кріплення з рами, витягнувши фіксатор (6) (рис. 2.1), і заблокуйте шнек у найнижчому положенні за допомогою ланцюга (10), який зачіпляє за гачки на обоймі шнека; ж) Відкрутіть кріплення між верхньою і нижньою частинами шнека, викрутивши болт (3) (рис. 2.6) та гайку (5); з) Вирівняйте нижню і верхню частини шнека так, щоб вони центрувались через конусне з’єднання, а отвори на фланцях кожухів точно співпали; і) З’єднайте фланці циліндричних кожухів за допомогою трьох болтів і гайок, взятих з комплекту протруювача; к) Монтуєте лоток (17) (рис. 2.1) на осях (19) вивантажувального шнека (9), використовуючи шайби (20) і шплінти (21) для забезпечення надійної фіксації.





а) при транспортуванні з заводу



б) під час експлуатації

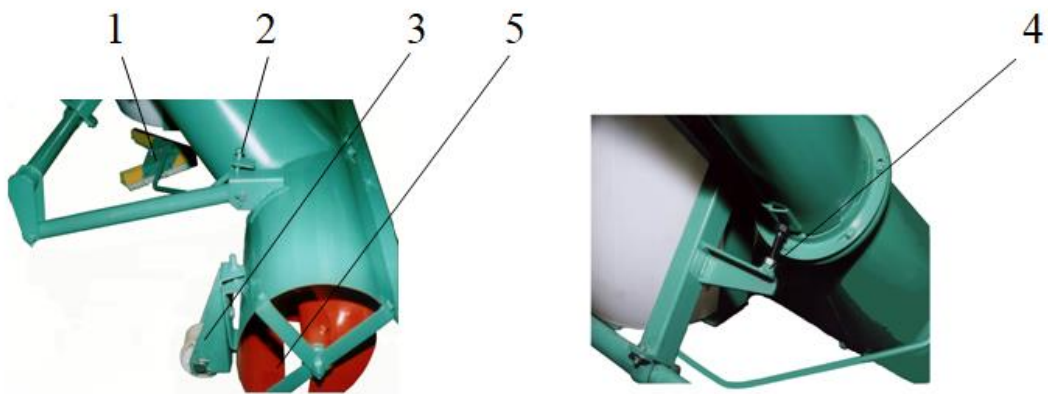
1 – болт М10х30; 2 – болт М10х30; 3 – болт М10х30; 4 – болт М10х55;  
5 – гайка; 6 – упор; 7 – трафарет; 8 – хомут; 9 – хомут

Рисунок. 2.6 – Транспортне положення машини

л) Підніміть шнек до верхнього крайнього положення та зафіксуйте за допомогою ланцюга (10), замкнувши його на гачках, а вільний кінець з'єднувального рукава (4) (рис. 2.6) встановіть на горловину шнека (1); м)

Вставте штир кріплення кабелю живлення (з комплекту протруювача) у скоби (14) (рис. 2.1) і закріпіть шплінтом 4,0x36 (з комплекту протруювача), так, що шплінт між двома скобами.

Регулюйте положення роликів (3) (рис. 2.7) і упорного болта (4) завантажувального шнека для забезпечення плавного пересування протруювача по бурту насіння. Для цього забезпечте, щоб завантажувальний шнек вільно обертався на роликах (3), гумовий комір (5) стикався з площадкою, згрібаючи залишки насіння, а обичайка шнека надійно спиралася на упорний болт (4), щоб уникнути ривків або перешкод під час руху.



1 – чистик; 2 – регулювальний болт; 3 – ролик;  
4 – упорний болт; 5 – гумовий комір.

Рисунок 2.7 – Підготовка завантажувального шнека до роботи

Для налаштування:

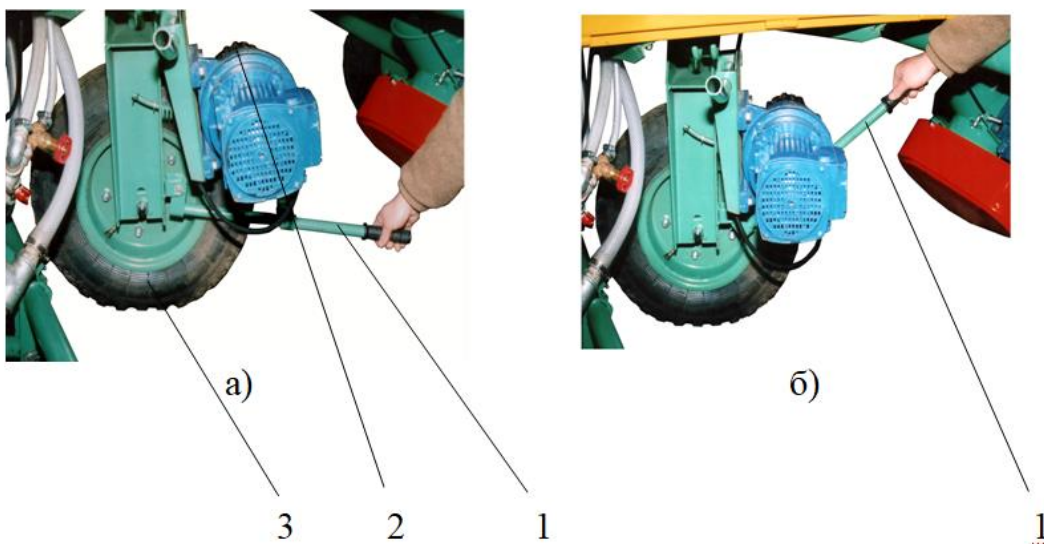
- Підніміть ролики (3) завантажувального шнека у пазах кріплення, послабивши гайки;
- Перемістіть завантажувальний шнек за допомогою важеля у робоче положення так, щоб гумовий комір (5) щільно стикався з робочою поверхнею, опустіть ролики (3) настільки, щоб колеса мали повний контакт із землею, і затягніть гайки для фіксації;
- Відрегулюйте положення упорного болта (4) під завантажувальним шнеком так, щоб він мав тісний контакт із обичайкою шнека, і закріпіть його

контргайкою.

- За допомогою регулювального болта (2) опустіть чистик (1) на землю, щоб запобігти заносу насіння під шини самоходу під час роботи.
- Монтування козирка (24) на завантажувальному шнеку (1) (рис. 2.1), кріпите його, використовуючи два болти М8 та гайки з комплекту протруювача.
- Встановіть важіль (1) (рис. 2.8, б) самохода у робоче положення так, щоб ролик (2) зайшов у зачеплення із шиною колеса (3) на глибину 15...20 мм для забезпечення належного тягового зчеплення.

Під час транспортних переїздів протруювача дотримуйтесь наступних кроків:

- Вимкніть запобіжний вимикач струму (22) (рис. 2.1), щоб забезпечити безпеку;
- Використовуючи важіль (3), переведіть завантажувальний шнек (1) у транспортне положення, а важіль (1) (рис. 2.8,а) – у нижнє положення для зменшення габаритів установки;
- Штовхаючи протруювач, керуйте колесом самохода за допомогою керма (23) (рис. 2.1) для переміщення на нове місце.



а – нейтральне (транспортне) положення; б – робоче положення:

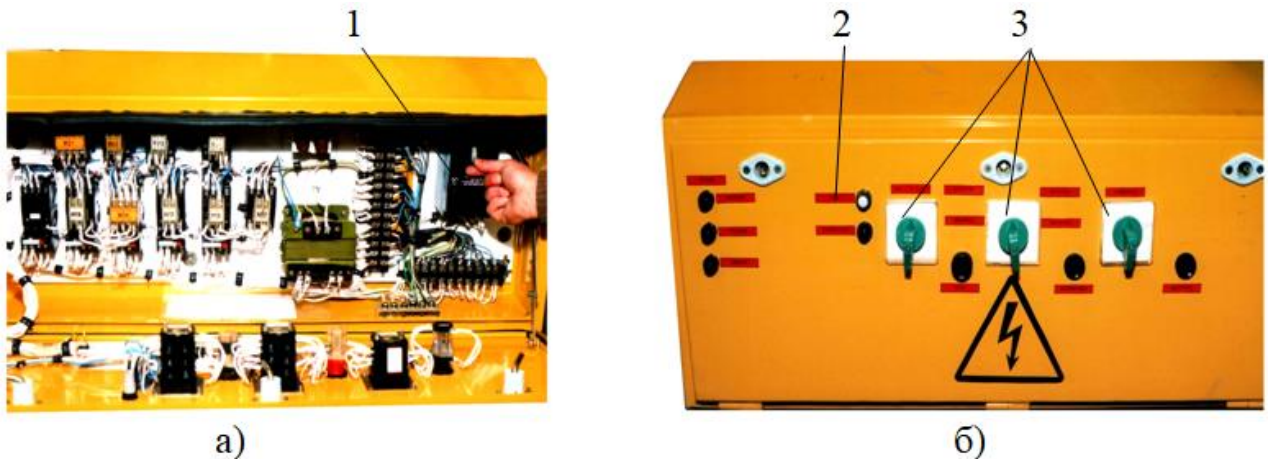
1 – важіль; 2 – ролик; 3 – шина

Рисунок 2.8 – Положення важеля самохода

- Встановіть заглушку на трійнику насоса для зливу рідини з використанням ущільнювача (з комплекту протруювача) для уникнення витоків рідини під час транспортування;

- Дістаньте кабель живлення з ніші рами. Під'єднайте один кінець кабелю з розеткою ГП до вилки ВП, яка зберігається в рамі. Закріпіть розетку РШ – 32 (з комплекту) та підключіть до джерела електроживлення  $\sim 380\text{В}$ . Другий кінець кабелю з вилкою ВШ – 32 вставте у розетку РШ – 32 і закріпіть кабель за гачок на бункері насіння.

- Увімкніть запобіжний вимикач струму (22) (рис. 1.2) і вимикач на пульті управління (1) (рис. 2.10,а), після чого на пульті має загорітися індикатор "Мережа" (2) (рис. 2.9,б).



а – активування вимикача; б – позиції ручок перемикачів;  
1 – вимикач; 2 – індикатор "Мережа"; 3 – різні перемикачі.

Рисунок 2.9 – Активація пульта управління

Перед включенням обладнання переконайтеся у коректності підключення кабелю живлення, перевівши перемикач "Налагодження" (2) (рис. 2.3) у положення "Завантаження". Переконайтеся, що напрям обертання вала електродвигуна завантажувального шнека відповідає напрямку стрілки, що вказана на кожусі. Якщо вал обертається в зворотному напрямку, змініть місцями два фазні проводи на місці підключення до електромережі. Після правильного під'єднання кабелю, переведіть перемикач "Режим роботи" (1) (рис. 2.3) у положення "А3" або "А2" та натисніть кнопку (10) "Пуск". Це

забезпечить синхронне обертання всіх валів електродвигунів протруювача в напрямку, вказаному стрілками на кожухах, дозволяючи протруювачу плавно рухатися вперед.

### **2.3 Аналіз конструктивних і функціональних особливостей машин-аналогів**

Протруювач насіння камерний ПСК-15 (рис. 2.10) використовується для аплікації пестицидів у формі розчинів, емульсій, або суспензій на сільськогосподарські культури. Цей агрегат забезпечує виконання ряду технологічних операцій: від приготування робочих рідин до самозавантаження насіння, його обробки та вивантаження обробленого насіння у транспортні засоби чи мішки [27-29].



Рисунок 2.10 – Протруювач насіння камерний ПСК-15

#### **Технічні характеристики протруювача ПСК-15:**

- **Тип протруювача:** Самопересувний.
- **Максимальна продуктивність:** Здатний обробляти насіння пшениці з щільністю не менше  $780 \text{ кг/м}^3$  та висотою бурту не менше 1 м, забезпечуючи стабільну продуктивність не менше 15 т/год.

### **Основні показники якості технологічного процесу:**

- **Ефективність протруєння:** Обробка насіння зернових, бобових та технічних культур забезпечує якість протравлення на рівні 90-110%.
- **Однорідність подачі насіння:** Нерівномірність подачі характеризується коефіцієнтом варіації не більше  $\pm 5\%$ .

Ця модель є відмінним варіантом для великомасштабних агропромислових застосувань, де потрібна висока точність і надійність обробки насіння.

Протруювач камерний, призначений для обробки насіння сільськогосподарських культур розчинами, емульсіями або суспензіями пестицидів, відрізняється стабільністю у своїй роботі. Він забезпечує високу однорідність подачі робочої рідини і насіння з коефіцієнтом варіації не більше  $\pm 5\%$ , мінімальне дроблення насіння до 1%, а також контрольоване збільшення вологості насіння на 1% після обробки.

Протруювач працює в умовах температури від  $+10^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$  і має масу до 800 кг. У робочому положенні його габарити становлять 5600 мм у довжину, 2100 мм у ширину та 2200 мм у висоту. Апарат підключається до мережі трифазного змінного струму 50 Гц і 380 В, підтримуючи свою працездатність при коливаннях напруги від 342 до 418 В та частоти від 49 до 51 Гц.

Застосовуються асинхронні електродвигуни різної потужності для різних елементів протруювача, включаючи шнеки для завантаження і вивантаження (2,2 кВт кожний), привід самоходу (0,25 кВт), розпилювач (0,55 кВт), вентилятор системи аспірації (0,55 кВт) та насосний привід (0,75 кВт). Загальна споживана потужність становить до 5,8 кВт.

Обладнання дозволяє регулювати подачу насіння пшениці від 3 до 20 т/год і водного розчину від 0,5 до 3,5 л/хв, а ємність бака для робочого розчину становить 210 л. Швидкість переміщення під час обробки насіння становить 0,5 м/хв.

Протруювач має два автоматичні режими роботи, що адаптуються до висоти бурту зерна, а також налагоджувальний режим, що дозволяє включати

або вимикати ключові компоненти для підготовки до роботи. Забезпечується продуктивність вентилятора системи аспірації 350 м<sup>3</sup>/год, а час, необхідний для очищення протруювача при переході на обробку іншого насіння, складає приблизно 1 годину на людину. Обслуговування зазвичай вимагає участі одного оператора, якщо не потрібно завантаження в мішкотару чи інші контейнери. Завдяки такій конструкції, протруювач забезпечує високу ефективність обробки насіння та оптимізацію часу, що особливо цінно для великих аграрних підприємств із швидкими циклами сівби.

Особливо слід відзначити, що агрегат дозволяє легко переходити між різними видами культур, що забезпечує багатофункціональність та адаптивність у використанні. Крім того, простота налаштувань та управління роблять його доступним для операторів різного рівня кваліфікації.

Протруювач також оснащений сучасними системами безпеки, включаючи автоматичні вимикачі для запобігання нещасним випадкам, і систему швидкого відключення у випадку аварійних ситуацій, що забезпечує додатковий захист для оператора і обладнання.

Інтеграція з системами точного землеробства дозволяє оптимізувати використання пестицидів та інших агрохімікатів, мінімізувати витрати і збільшити загальну продуктивність. Завдяки використанню точних датчиків та контрольних систем, протруювач може автоматично адаптувати швидкість подачі і об'єм робочої рідини в залежності від вимірних параметрів зерна, забезпечуючи ще більшу точність у роботі.

Загалом, цей протруювач відповідає всім сучасним вимогам агротехнологій і є незамінним інструментом для сучасного сільського господарства, допомагаючи максимізувати врожайність і забезпечувати високу якість обробленого насіння.

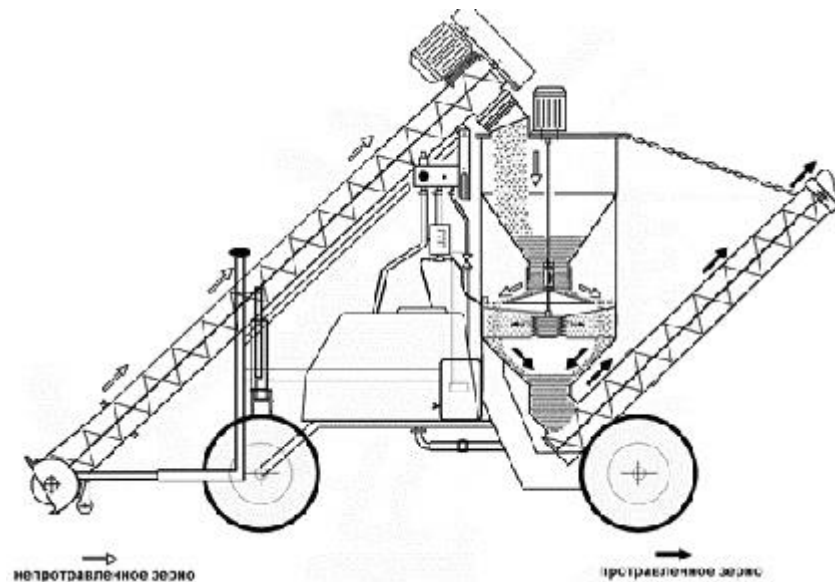


Рисунок 2.11 – Технологічна схема протруювача

### Протруювач насіння ПСС-20



Рисунок 2.12 – Протруювач насіння ПСС-20

Протруювач насіння марки ПСС-20 є самохідним агрегатом, що забезпечує високу продуктивність обробки насіння. Він може обробити до 20 тонн насіння за одну годину основного часу, та до 16,6 т протягом експлуатаційної години. Ця машина відзначається своєю мобільністю з можливістю пересування на робочій швидкості від 0,01 до 0,1 метра за секунду та транспортній швидкості від 0,17 до 0,40 метра за секунду.



Конструкційна маса протруювача становить приблизно 800 кг, тоді як експлуатаційна маса досягає близько 1000 кг. Габаритні розміри машини в транспортному стані складають 5650 мм в довжину, 2220 мм в ширину та 3000 мм у висоту, що зменшуються до 3150 мм в довжину та 2050 мм у висоту для зручності транспортування.

Протруювач працює від мережі змінного струму з напругою 380 В та частотою 50 Гц, використовуючи асинхронні електродвигуни з встановленою загальною потужністю 6,07 кВт. Він забезпечує стабільне протравлення насіння на рівні  $100\pm 20\%$ , з нерівномірністю протравлення не більше 5% та нерівномірністю концентрації робочої рідини також не більше 5%. Додатково, протруювач забезпечує низький рівень дроблення насіння (не більше 1%) та мінімальне підвищення його вогкості (також не більше 1%).

Бак для робочої рідини, виготовлений зі склопластику, має місткість  $200\pm 20$  літрів, а заправочний бункер також зі склопластику вміщує не менше 125 дм<sup>3</sup>. Розпилення робочої рідини та насіння виконується за допомогою дискових систем з високою частотою обертання, що забезпечує ефективну і рівномірну розподіленість.

Завдяки високій надійності та довговічності, термін служби протруювача становить не менше 10 років, що робить його цінним активом для будь-якого сільськогосподарського виробництва.

Протруювач насіння ПСС 20 є універсальним самохідним агрегатом, що використовується для знезараження насіння зернових, бобових і технічних культур за допомогою отрутохімікатів, нанесених у формі суспензій. Цей протруювач забезпечує неперервний процес роботи, що включає завантаження, протравлення і вивантаження насіння під час руху машини. Від завантаження з бурту до розвантаження на транспортні засоби, у мішкотару або знову назад у бурт – всі ці дії виконуються без зупинки, забезпечуючи високу ефективність обробки.

Особлива конструкція протравлюючого обладнання гарантує рівномірне покриття кожної насінини препаратом, що підвищує якість знезараження та

захисту від шкідників і хвороб. Протруювач оснащений самохідним механізмом, що дозволяє йому легко переміщатися по полю або складським приміщенням, знижуючи фізичне навантаження на операторів і сприяючи оптимізації робочих процесів.

Така система не тільки збільшує продуктивність роботи, але й зменшує витрату часу та забезпечує більшу економічну вигоду завдяки зменшенню витрат на робочу силу та матеріали. Завдяки використанню інноваційних технологій та матеріалів, ПСС 20 є надійним інструментом в сучасному аграрному виробництві, сприяючи зростанню продуктивності та якості насіння.

Протруювач камерний стаціонарний ПКС-20.



Рисунок 2.13 – Протруювач камерний стаціонарний ПКС-20

Протруювачі широко використовуються для передпосівної обробки насіння зернових та технічних культур у цехах з підготовки насіння або на насінневих станціях агропромислових підприємств. Завдяки зручно

розташованому пульту управління та ключовим робочим елементам, оператор має можливість ефективно контролювати всі параметри процесу протруювання безпосередньо зі свого робочого місця.

Технічні характеристики протруювача:

- Продуктивність: 3-20 тонн на годину.
- Місткість бака: 320 літрів (два бака по 160 літрів кожен).
- Подача дозатора: 0.5-3.5 літрів на хвилину.
- Споживана потужність: 2 кВт.
- Габаритні розміри в транспортному положенні: 1630x1350x2000 мм.
- Маса: 290 кг.

Вивчення широкого спектру протруювачів на ринку показує, що багато з них задовольняють потреби користувачів у протруюванні насіння. Однак висока вартість таких машин при їхній продуктивності та маневреності не завжди є економічно виправданою. Тому існує необхідність у модернізації існуючих моделей, щоб підвищити їх продуктивність і знизити витрати. Це може включати оптимізацію конструкції, вдосконалення енергоефективності та зниження експлуатаційних витрат, що зробить їх більш доступними та ефективними для використання на різних типах агропромислових підприємств.

## 3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 3.1 Обґрунтування параметрів живильника для протруювача камерного ПК-20

Протруювач ПК-20 відомий своєю робочою ефективністю, проте його базова конструкція потребує вдосконалення, щоб задовольнити сучасні вимоги аграрного виробництва. Існуюча продуктивність живильника не повністю відповідає потребам швидкісної обробки насіння, що ставить під загрозу загальну ефективність обробних процесів.

З метою підвищення продуктивності живильника, пропонується переглянути його конструкцію з використанням уніфікованих компонентів, виробництво яких налагоджене на вітчизняному виробництві. Це дозволить замінити застарілі чи менш ефективні частини на більш сучасні та вдосконалені вузли, що збільшить загальну продуктивність машини.

Для забезпечення оптимальної продуктивності, необхідно провести уточнюючі розрахунки основних параметрів живильника. Це включає аналіз міцності, динаміки обертання та здатності витримувати навантаження без втрати ефективності. Вибірка зайвих запасів міцності може значно збільшити продуктивність, не жертвуючи при цьому надійністю обладнання [11-17].

Запровадження удосконалень не тільки збільшить швидкість обробки насіння, але й покращить загальну якість виконання технологічного процесу. Модернізація живильника дозволить агропідприємствам досягти вищої ефективності, знизити витрати на обслуговування та оптимізувати використання ресурсів. Це важливо для підтримання конкурентоспроможності в аграрному секторі, який постійно розвивається та вимагає високої адаптивності до нових викликів.

Для оптимізації продуктивності шнеків протруювача ПК-20 використаємо методики, наведені у джерелі [9]. Згідно з цими методиками, продуктивність

шнеків з суцільними гвинтами можна розрахувати, використовуючи спеціалізовану формулу, яка враховує такі параметри, як геометричні розміри шнека, швидкість його обертання та фізичні властивості матеріалу (у нашому випадку – насіння).

$$Q = 47.1[(D + 2\lambda)^2 - d^2]S\psi\gamma c, \quad (3.1)$$

Для точного розрахунку параметрів шнекового живильника протруювача камерного ПК-20 використовується ряд важливих конструктивних характеристик і технічних параметрів. Розглянемо ці параметри детальніше:

- **Зовнішній діаметр гвинта (D):** Зовнішній діаметр гвинта становить 0.2 метра, що є оптимальним розміром, прийнятим на основі конструктивних рішень для даного типу обладнання.
- **Діаметр валу гвинта (d):** Початково прийнято, що діаметр валу гвинта становить 0.048 метра, однак цей розмір може бути уточнений в процесі детальнішого проектування з урахуванням необхідних міцності і жорсткості.
- **Радіальний зазор ( $\lambda$ ):** Встановлено радіальний зазор між зовнішньою кромкою гвинта і внутрішньою поверхнею кожуха шнека на рівні 0.012 метра, що дозволяє забезпечити достатній простір для безперешкодного переміщення матеріалу.
- **Крок витків гвинта (S):** Крок витків встановлено на рівні 0.2 метра, що забезпечує ефективне переміщення насіння через шнек.
- **Коефіцієнт заповнення ( $\psi$ ):** Коефіцієнт заповнення обрано як 0.3, що вказує на те, що гвинт заповнюється матеріалом на 30%, що є типовим для подібного типу обладнання.
- **Об'ємна вага матеріалу ( $\gamma$ ):** Об'ємна вага переміщуваного насіння становить 0.75 тонни на кубічний метр.
- **Коефіцієнт зниження продуктивності (c):** Коефіцієнт прийнято як 1, оскільки шнек знаходиться у горизонтальному положенні, що є оптимальним для максимальної продуктивності.

На основі вказаних параметрів і застосування формули розрахунку продуктивності можна визначити оптимальну кількість обертів шнека за хвилину, яка забезпечує потрібну продуктивність в 20 тонн на годину. Це дозволить підвищити ефективність роботи протруювача, забезпечуючи більш високу якість та продуктивність обробки насіння.

Тоді

$$n = \frac{20}{47.1[(0.2 + 2 \cdot 0.012)^2 - 0.048^2] \cdot 0.2 \cdot 0.3 \cdot 0.75} = 197 \text{ об / хв.}$$

### **Визначення мінімальної кількості обертів шнека**

На основі прийнятих конструктивних розмірів критичні компоненти живильника, мінімально необхідна кількість обертів шнека для забезпечення встановленої продуктивності становить 197 обертів на хвилину. Це забезпечує оптимальну подачу матеріалу та підтримання потрібної швидкості обробки.

### **Розрахунок необхідної потужності приводу**

Для точного розрахунку потужності, яка потрібна для приводу шнека, потрібно врахувати кілька складових:

- **Потужність  $N_1$**  – необхідна для подолання тертя матеріалу об внутрішню поверхню кожуха. Ця потужність виникає через тертя, яке виникає між переміщуваним матеріалом і стінками шнека.
- **Потужність  $N_2$**  – необхідна для підйому матеріалу та подолання тертя матеріалу об гвинтову поверхню. Ця складова включає сили, які необхідні для вертикального переміщення матеріалу вгору по спіралі шнека.
- **Потужність на переміщення і дроблення матеріалу** – враховується з допомогою дослідного коефіцієнта. Це включає енергію, необхідну для розриву зв'язків в матеріалі та його переміщення.
- **Потужність на подолання тертя в передавальному механізмі** – визначається через коефіцієнт корисної дії  $\eta$ . Ця потужність стосується втрат енергії, що відбуваються через тертя в механічних частинах приводу.

$$N = \frac{(N_1 + N_2)W_0}{\eta}. \quad (3.2)$$

Потужність на подолання тертя  $N_1$ , Вт.

$$N_1 = F \cdot v, \quad (3.3)$$

де  $F$  - сила тертя, що виникає при русі матеріалу по кожусі, Н;

$v$  - абсолютна швидкість руху матеріалу всередині кожуха шнека, м/с.

Сила тертя визначається

$$F = f(P_1 + G \cos \beta \cos \varphi), \quad (3.4)$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя,  $f = 0.25 - 0.55$  [18, 25];

$P_1$  - відцентрова сила, що притискає матеріал до кожуха;

$G$  - кількість матеріалу, що знаходиться всередині шнека під час руху, кг

$\beta$  - кут нахилу шнека до горизонту,  $\beta = 0$ ;

$\varphi$  - кут природнього відкосу при русі,  $\varphi = 25^\circ$ .

Відцентрова сила

$$P_1 = \frac{Gv_3^2}{R}, \quad (3.5)$$

де  $v_3$  - колова швидкість матеріалу по кожусі, м/с;

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$R$  - радіус витка,

$$R = \frac{D}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ м.}$$

Колова швидкість матеріалу по кожусі

$$v_3 = v_1 \operatorname{tg} \varepsilon, \quad (3.6)$$

де  $v_1$  - швидкість руху матеріалу вздовж твірної кожуха шнека, м/с;

$\varepsilon = 72^\circ$  – кут, що залежить від типу шнека.

$$v_1 = \frac{QL}{G \cdot 3600}, \quad (3.7).$$

де  $L$  - сумарна довжина шнека,  $L = 2.904$  м.

Кількість матеріалу  $G$ , що знаходиться всередині шнека під час руху

$$\begin{aligned} G &= \frac{\pi[(D + 2\lambda)^2 - d^2]}{4} L \psi \gamma \cdot 1000 = \\ &= \frac{3.14[(0.2 + 2 \cdot 0.012)^2 - 0.048^2]}{4} 2.904 \cdot 0.3 \cdot 0.75 \cdot 1000 = 24.6 \text{ кг}. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Швидкість руху матеріалу вздовж твірної кожуха шнека

$$v_1 = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 2.904}{24.6 \cdot 3600} = 0.66 \text{ м/с.}$$

Колова швидкість матеріалу по кожусі

$$v_3 = 0.66 \operatorname{tg} 72^\circ = 2.03 \text{ м/с.}$$

Абсолютна швидкість руху матеріалу всередині кожуха шнека



$$v = \frac{v_1}{\cos \varepsilon} = \frac{0.66}{\cos 72^\circ} = 2.13 \text{ м/с.}$$

Колова швидкість кромки витка, м/с

$$v_2 = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3.14 \cdot 0.2 \cdot 197}{60} = 2.06 \text{ м/с.}$$

Кут підйому  $\alpha$  зовнішньої кромки, град

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{\pi D} = \frac{0.2}{3.14 \cdot 0.2} = 0.318. \quad (3.9)$$

Кут підйому витків шнека по центру тяжіння шару переміщуваного матеріалу  $\alpha_1$ , град

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{S}{\pi \cdot 0.8 D} = \frac{0.2}{3.14 \cdot 0.8 \cdot 0.2} = 0.398. \quad (3.10)$$

Коефіцієнт тертя переміщуваного матеріалу об кожух при русі  $\rho$ ,

$$\rho = \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} 25^\circ = 0.466.$$

Радіус витка по центру шару матеріалу, що лежить на ньому  $R_0$

$$R_0 = 0.8 \frac{D}{2} = 0.8 \frac{0.2}{2} = 0.08 \text{ м.} \quad (3.11)$$

Відцентрова сила

$$P_1 = \frac{24.6 \cdot 2.03^2}{0.1} = 1014 \text{ Н.}$$

Сила, що потрібна для підйому матеріалу  $P_2$

$$\begin{aligned} P_2 &= G \sin \beta \operatorname{tg}(\alpha_1 + \rho) + G \cos \beta \sin \varphi = G \cos \beta \sin \varphi = \\ &= 24.6 \cdot 9.81 \cos 0^\circ \sin 25^\circ = 102 \text{ Н.} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Сила тертя

$$F = f(P_1 + G \cos \beta \cos \varphi) = 0.3(1014 + 24.6 \cdot 9.81 \cos 0^\circ \cos 25^\circ) = 370 \text{ Н.} \quad (3.11)$$

Сила, що потрібна на подолання тертя матеріалу об кожух  $P_3$

$$\begin{aligned} P_3 &= F \cos \varepsilon \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + F \sin \varepsilon = \\ &= 370 \cos 72^\circ \operatorname{tg}(17.65^\circ + 25^\circ) + 370 \sin 72^\circ = 457.3 \text{ Н.} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Кутова швидкість  $\omega$  витка шнека,  $c^{-1}$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3.14 \cdot 197}{30} = 20.6 \text{ c}^{-1}. \quad (3.13)$$

Кутова швидкість матеріалу всередині кожуха

$$\omega_3 = \frac{v_3}{R} = \frac{2.03}{0.1} = 20.3 \text{ c}^{-1}. \quad (3.14)$$

Потужність на подолання тертя

$$N_1 = 370 \cdot 2.13 = 788.1 \text{ Вт.}$$

Потужність, що потрібна для підйому матеріалу  $N_2$

$$\begin{aligned} N_2 &= P_3 R_0 (\omega - \omega_3) + P_3 R (\omega - \omega_3) = \\ &= 457.3 \cdot 0.08 (20.6 - 20.3) + 457.3 \cdot 0.1 (20.6 - 20.3) = 24.7 \text{ Вт.} \end{aligned}$$

Потужність для приводу шнека визначається

$$N = \frac{(788.1 + 24.7)1,2}{0,96} = 1020 \text{ Вт} = 1.02 \text{ кВт.}$$

Вимоги до продуктивності та енергоспоживання

Для забезпечення запланованої продуктивності протруювача, встановлено, що привід шнека живильника вимагатиме споживання потужності не менше 1.02 кВт. Ця потужність входить у діапазон виділеної загальної потужності для приводу вала живильника, яка становить 1.1 кВт. Це свідчить про те, що наявний привід є адекватним і здатним задовольнити потреби в потужності без необхідності його заміни або модернізації.

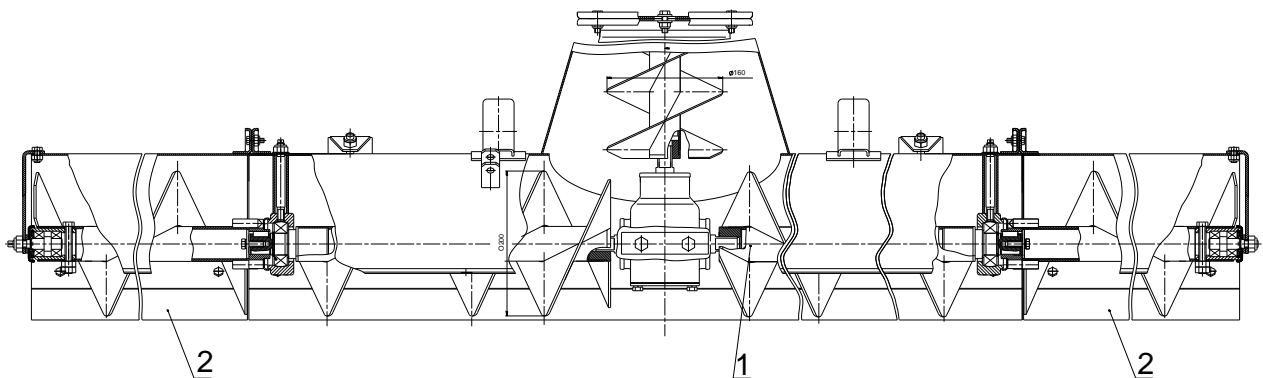
### 3.2 Розрахунок вала живильника протруювача

T-подібний живильник протруювача сконструйований так, щоб оптимізувати транспортування машини. Живильник має модульну конструкцію, що включає два малі центральні шнеки та два крайніх малі шнеки, які можуть бути від'єднані для полегшення транспортування і

зменшення габаритних розмірів машини в транспортному положенні.

Ці шнеки разом з кожухом дозволяють швидко переключати машину з робочого в транспортне положення, що є особливо важливим для підвищення мобільності обладнання. Така конструкція забезпечує не лише зручність у транспортуванні, але й спрощує обслуговування та потенційний ремонт шнеків, оскільки вони легко доступні та не вимагають додаткових зусиль для демонтажу чи монтажу.

Ця особливість конструкції значно підвищує оперативність використання протруювача в різних аграрних умовах, дозволяючи швидко адаптувати машину до робочих або транспортних вимог. Завдяки цьому, протруювач ПК-20 відзначається високою ефективністю та адаптивністю до потреб користувачів, що робить його вибором для тих, хто цінує зручність та надійність в експлуатації.



1 – центральні малі шнеки; 2 – крайні малі шнеки

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд розробленого живильника

Для розрахунку вала спочатку визначаємо навантаження, які на нього діють. Зокрема, у попередньому розділі було визначено одну з ключових складових - крутний момент, переданий валом шнека. За даними про споживану потужність було встановлено сумарне значення моменту, яке вказано у формулі (3.15):

$$T = \frac{N}{\omega} = \frac{1.02 \cdot 10^3}{20.6} = 49.5 \text{ Нм.} \quad (3.15)$$

Цей крутний момент розподіляється між різними сегментами шнека відповідно до їхньої довжини. З метою розширення захвату були додані відкидні частини шнека, тому розрахунок буде здійснюватися лише для їх валів. Навантаження розподіляється наступним чином: одна половина крутного моменту всього шнека припадає на одну вітку (ліву або праву), тоді як відкидна частина шнека, з певним завищенням, відповідає за чверть загального навантаження.

Тобто

$$T_1 = \frac{T}{2} = \frac{49.5}{4} = 12.4 \text{ Нм.}$$

У попередньому розрахунку не було враховано радіальну силу, яка діє на вал і спричиняє згинний момент. Цю силу будемо моделювати як рівномірно розподілене навантаження по довжині вала, але для більш консервативного підходу розглянемо її як концентроване навантаження в районі ширини захвату центрального малого шнека живильника. Це значення вираховується з ваги зерна висотою 1 метр, яке припадає на ширину захвату цього шнека. Це дозволить більш точно передбачити максимальні напруження, які виникатимуть у валу під час експлуатації.

Розглядаючи навантаження як зосереджену силу, ми можемо застосувати методику більш точних інженерних розрахунків для визначення величини максимального згинного моменту, який може виникнути на валу, особливо в районі місць кріплення шнеків.

$$F_r = \gamma \cdot l_{ш} \cdot l_{ж} = 7500 \cdot 1 \cdot 0.50 \cdot 0.2 = 750 \text{ Н.} \quad (3.16)$$

Від радіальної сили виникають опорні реакції, які рівні

$$R_1 = R_2 = \frac{F_r}{2} = \frac{750}{2} = 375 \text{ Н.} \quad (3.17)$$

Дана опорна реакція створює згинний момент

$$M_{32} = R_1 \cdot \frac{l_{uu}}{2} = 375 \cdot \frac{0.50}{2} = 94 \text{ Нм.} \quad (3.18)$$

Приведений момент, якому піддається вал шнека за четвертою теорією міцності становить [25]

$$M = \sqrt{M_{32}^2 + 0.75T_1^2} = \sqrt{94^2 + 0.75 \cdot 12.4^2} = 95 \text{ Нм.} \quad (3.19)$$

За умовою міцності

$$\sigma_{EKB} = \frac{M}{W} \leq [\sigma], \quad (3.20)$$

де  $W$  - момент опору перетину;

$[\sigma]$  - занижене допустиме напруження,  $[\sigma] = 40 \text{ МПа}$ .

Звідки знаходимо необхідний опір поперечного перетину вала

$$W = \frac{M}{[\sigma]} = \frac{95}{40 \cdot 10^6} = 2.4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 2,4 \text{ см}^3.$$

Попередньо було прийнято, що вал шнека буде пустотілим і його зовнішній діаметр становить  $d_s = 0.048 \text{ м}$ .

Момент опору кільцевого перетину становить

$$W = \frac{\pi(d_3^4 - d_{вн}^4)}{32d_3}, \quad (3.21)$$

де  $d_{вн}$  - внутрішній діаметр вала шнека.

Звідки знаходимо внутрішній діаметр вала шнека  $d_{вн}$

$$d_{вн} = \sqrt[4]{\frac{\pi d_3^4 - 32Wd_3}{\pi}} = \sqrt[4]{\frac{\pi 0.048^4 - 32 \cdot 2.4 \cdot 10^{-6} \cdot 0.048}{\pi}} = 0.045 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр вала 44 мм, вибираючи тонкостінну трубу для конструкції.

### 3.3 Уточнений розрахунок вала живильника протруювача

Проведемо уточнений розрахунок вала шнека, зосереджуючи увагу на найбільш навантаженому перерізі. Застосування коефіцієнта запасу міцності на кількох перерізах є недоцільним; достатньо вибрати один критичний переріз, який розташований посередині вала, де і відбувається максимальне навантаження. У цьому найнебезпечнішому перерізі виникають максимальний згинний момент та крутний момент, причому концентрація напружень може бути посилена через зварювання наливки до вала.

Важливо розрахувати сумарний згинальний момент, враховуючи вплив обох цих навантажень. Також потрібно перевірити міцність вала з урахуванням можливих точок концентрації напружень через варіанти з'єднань або геометричні особливості. Завдяки цьому підходу можна забезпечити достатній рівень безпеки і надійності конструкції в умовах реальної експлуатації.

$$M = 94 \text{ Нм.}$$

Момент опору перерізу

$$W = 3.19 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Амплітуда нормальних напружень

$$\sigma_v = \sigma_{\max} = M/W = 94/3.19 \cdot 10^{-6} = 2.95 \cdot 10^7 \text{ Па.} \quad (3.22)$$

Коефіцієнт запасу міцності за нормальними напруженнями

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_v}, \quad (3.23)$$

де  $\sigma_{-1} = 0.43\sigma_B = 0.43 \cdot 600 = 258 \text{ МПа}$ ;

$k_\sigma/\varepsilon_\sigma \cong 3,3 \text{ [18]}$ .

$$S_\sigma = \frac{258}{3,3 \cdot 29.5} \cong 2.65.$$

Полярний момент опору

$$W_p = \frac{\pi(d_3^4 - d_{\text{вн}}^4)}{16d_3} = \frac{\pi(0.048^4 - 0.044^4)}{16 \cdot 0.048} = 6,38 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (3.24)$$

Амплітуда і середнє значення циклу дотичних напружень

$$\tau_v = \tau_m = \tau_{\max}/2 = (T_1/2W_p) = 12.4/(2 \cdot 6.38 \cdot 10^{-6}) \cong 1 \text{ МПа.} \quad (3.25)$$



Коефіцієнт запасу міцності за дотичними напруженнями

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_v + \varphi_{\tau} \tau_m}, \quad (3.26)$$

де  $\tau_{-1} = 0.58\sigma_{-1} = 0.58 \cdot 258 = 149.6$  МПа;

$k_{\tau} / \varepsilon_{\tau} = 0,6(k_{\sigma} / \varepsilon_{\sigma}) + 0,4 = 0,6 \cdot 3,3 + 0,4 = 2,38$ ;  $\varphi_{\tau} = 0,1$  [25].

$$S_{\tau} = \frac{149.6}{2,38 \cdot 1 + 0,1 \cdot 1} \cong 60.3.$$

Коефіцієнт запасу міцності

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{2.65 \cdot 60.3}{\sqrt{2.65^2 + 60.3^2}} \cong 2.65 > [S]. \quad (3.27)$$

Для забезпечення належної міцності конструкції коефіцієнт запасу міцності має становити не менше  $[S] = 1,5-1,7$ . Однак, з огляду на вимоги до жорсткості, рекомендовано, щоб цей коефіцієнт знаходився в межах  $[S] = 2,5-3,0$ . В даному випадку ця умова дотримується, тому необхідність у додатковому розрахунку чи перевірці вала на жорсткість відпадає.

Зазначені значення коефіцієнта запасу забезпечують не тільки витримку вала під час максимальних навантажень, але й адекватну жорсткість, запобігаючи надмірним деформаціям, які можуть негативно впливати на роботу шнека та його елементів. Це особливо важливо для валів, що використовуються в машинах з високими динамічними навантаженнями, де жорсткість є критичним параметром для забезпечення стабільності та точності робочих процесів.

### 3.4 Зведені результати розрахунків елементів з'єднання

Проводимо перевірку нашого шпонкового з'єднання маточини приєднувальної муфти до шнекового вала. Розміри шпонки вибираються згідно ГОСТ 23360-78, матеріал шпонок сталь 45, нормалізована. Діаметр вала для шпонкового паза  $d = 30 \text{ мм}$ , розміри шпонки  $b \times h \times l - 8 \times 7 \times 20 \text{ (мм)}$ , глибина паза для вала  $t_1 = 4 \text{ мм}$ , для втулки  $t_2 = 3,3 \text{ мм}$ . Найбільший діючий крутний момент, який передається валом  $T = 12,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$  (з попереднього розрахунку).

Визначаємо робочу довжину шпонки [26]

$$l_0 = l - b = 20 - 8 = 12 \text{ мм.}$$

Із умови міцності визначимо напруження зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 12,4 \cdot 10^3}{30 \cdot 12(7 - 4)} = 23 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{зм}.$$

де  $[\sigma]_{зм}$  - допустиме напруження на зминання, при сталій маточині блоку муфти  $[\sigma]_{зм} = 110 \text{ Н/мм}^2$ .

Визначаємо допустимий крутний момент, виходячи з умови міцності шпонки на зріз [18]

$$[T]_{зр} = \frac{l_0 \cdot b \cdot d \cdot [\tau]_{зр}}{2}. \quad (3.28)$$

де  $[\tau]_{зр}$  - допустиме напруження на зріз, прийемо  $[\tau]_{зр} = 90 \text{ Н/мм}^2$ .

Підставивши дані у (3.28), одержимо

$$[T]_{зр} = \frac{12 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 90}{2} = 129600 \text{ Нмм} = 129,6 \text{ Нм}.$$

Так як допустимі моменти з умов міцності шпонкового з'єднання значно більші діючого, з'єднання відповідає умовам міцності.

## Розрахунок зварного з'єднання пальців до вала приєднувальної муфти

Креслення об'єкту розрахунку представлено нижче, рис. 3.2.

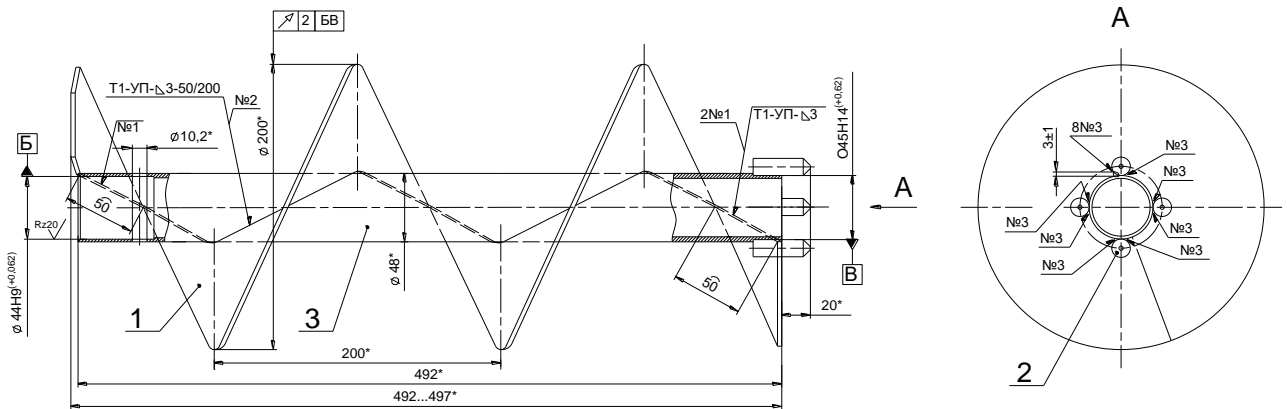


Рисунок 3.2 – Крайня секція шнека живильника

В даному випадку до вала шнека методом ручної дугової зварки приварено чотири пальці з обох боків, довжиною по 20 мм кожен, з використанням флангових швів. Момент, переданий через це з'єднання, можна представити у вигляді чотирьох сил, що діють на кінцях пальців, кожна сила становить  $F_2 = 221.4$  Н.

Для більш консервативного аналізу, сили прикладемо на краях пальців, при цьому відстань до центрів зварних швів становить  $h = 25$  мм.

Напруження від дії кожної сили на шов будуть розраховані, враховуючи механічні властивості матеріалу швів та зварних з'єднань. Це дозволить точно оцінити міцність з'єднання і забезпечити адекватну надійність вала в умовах експлуатації, з урахуванням впливу вібрацій та динамічних навантажень. Також важливо звернути увагу на потенційні зони концентрації напружень, які можуть виникати в місцях зварювання, що вимагає додаткових заходів щодо посилення цих ділянок. Сила  $F_1 = 0$ .

Напруження від сили  $F_2$

$$\tau_{F2} = \frac{221.4}{2 \cdot 0.70 \cdot 0.003 \cdot 0.020} = 2636054 \text{ Па},$$

$$\tau_M = \frac{221.4 \cdot 0.025}{0.7 \cdot 0.003 \cdot 0.02 \cdot 0.012} = 10982143 \text{ Па},$$

Тоді сумарне напруження

$$\tau_{\max} = \sqrt{(11)^2 + 2.64^2} = 11.3 \text{ МПа} \leq [\tau],$$

де  $[\tau] = 80 \text{ МПа}$ .

Отже, при зварювання пальців з'єднувальної муфти ручною дуговою зваркою із катетом 3 мм повністю виконується умова міцності для зварних швів, тому таке з'єднання можна вважати надійним.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Небезпека ураження електричним струмом при роботі з протруювачем

Протруювачі є важливими сільськогосподарськими машинами, призначеними для обробки насіння перед посадкою, щоб захистити його від шкідників, хвороб і забезпечити кращий ріст. Проте робота з цими машинами пов'язана з певними ризиками, серед яких однією з найнебезпечніших є можливість ураження електричним струмом. Ураження струмом може мати серйозні наслідки для здоров'я і навіть призвести до летальних випадків, тому важливо розуміти, які фактори можуть призвести до такої небезпеки та які заходи слід вживати для її запобігання [19].

Однією з найпоширеніших причин ураження струмом є пошкодження ізоляції електричних проводів. Це може статися через механічні пошкодження, знос або вплив агресивних середовищ, таких як хімічні препарати, що використовуються для протруювання.

Недотримання основних правил роботи з електричними приладами, таких як вимкнення обладнання перед проведенням ремонтних робіт або заміною компонентів, може призвести до небезпечних ситуацій.

Протруювачі часто використовуються в умовах підвищеної вологості або у відкритих полях, де можливий контакт з водою. Вода є гарним провідником електрики, і навіть невелика кількість вологи може створити небезпеку ураження струмом.

З часом будь-яке електричне обладнання може вийти з ладу. Несправності трансформаторів, реле, вимикачів або інших компонентів можуть створити небезпечні умови для оператора.

Заземлення є ключовим елементом безпеки при роботі з електричними приладами. Неякісне або відсутнє заземлення може призвести до накопичення

статичної електрики або утворення потенційно небезпечного електричного поля.

Ураження електричним струмом може мати різні наслідки, в залежності від сили струму, тривалості контакту і загального стану здоров'я людини. Основні наслідки включають:

Відчуття різкого удару електрикою, яке може супроводжуватися болем, м'язовими спазмами, втрачанням свідомості і навіть серцевим нападом.

Контакт з електричним струмом може викликати опіки різного ступеня, від незначних до глибоких ушкоджень тканин.

Струм, що проходить через грудну клітину, може вплинути на серцевий ритм, викликати аритмію або навіть зупинку серця.

Електричний струм може пошкодити нервові тканини, що призводить до втрати чутливості, паралічу або інших неврологічних порушень.

Для мінімізації ризику ураження електричним струмом при роботі з протруювачами необхідно дотримуватись низки заходів безпеки.

Протруювачі повинні регулярно проходити технічний огляд для виявлення і усунення можливих несправностей. Особливу увагу слід приділяти стану електричних проводів та ізоляції.

Оператори повинні бути добре ознайомлені з правилами експлуатації обладнання і дотримуватись їх. Це включає вимкнення пристрою перед будь-якими ремонтними роботами, використання захисних рукавичок та інших засобів індивідуального захисту.

Всі електричні прилади повинні бути правильно заземлені. Заземлення необхідно перевіряти регулярно, щоб переконатися у його ефективності.

Обладнання повинно бути захищене від попадання вологи. У разі роботи в умовах підвищеної вологості слід використовувати водонепроникні чохли або інші засоби захисту.

Автоматичні вимикачі можуть запобігти небезпечним ситуаціям, відключаючи живлення у разі перевантаження або короткого замикання.

Оператори повинні проходити регулярні тренінги з техніки безпеки при роботі з електричними приладами. Це допоможе їм краще розуміти потенційні ризики і правильно реагувати в екстрених ситуаціях.

### **Висновок.**

Ураження електричним струмом при роботі з протруювачем є серйозною загрозою, яку можна мінімізувати завдяки ретельному дотриманню правил безпеки та проведенню регулярних технічних оглядів обладнання. Забезпечення належного заземлення, захист від вологи та використання автоматичних вимикачів – це ключові заходи для підвищення безпеки. Крім того, навчання та підвищення кваліфікації персоналу є важливими аспектами для запобігання нещасним випадкам і забезпечення надійної та ефективної роботи протруювачів.

## **4.2 Основні засади охорони праці при роботі з протруювачем**

Протруювання і зберігання протруєного насіння.

Перевірте робоче місце. Протруювання повинно проводитись у спеціально призначених приміщеннях (складах, механізованих протруювальних пунктах) при наявності в них вентиляції або на огорожених відкритих спеціальних майданчиках, в дощову погоду – під навісом. На робочому місці повинні бути: машина для протруювання, інвентар для зважування (дозування) пестицидів, машина для зашивання мішків [20].

Перевірте наявність і справність транспортерів подачі отрутохімікатів до протруювальної машини, наявність інвентарю для зважування (дозування) пестицидів, а також засоби для знешкодження пестицидів (вода для технічних цілей, хлорне вапно і марганцевокислий калій).

Перед початком роботи перевірте технічний стан машин і агрегатів для протруювання зерна пестицидами (АПЗ-10, АПС-4А, ПСШ-5, ПС-10 А, КПС-10

“Мобітокс-Супер” тощо): герметичність з’єднувальних шлангів і ємностей, стан ежектора на резервуарі. Усуньте виявлені недоліки, відрегулюйте норму витрати пестицидів і зволожуючої рідини.

Установіть протруювач у відповідності з напрямом вітру, незалежно від характеру і стану місця його розташування на відкритому майданчику. Перевірте наявність та справність спеціальних пристосувань.

Протруєння і зберігання протруєного насіння. При розміщенні протруювача насіння у приміщенні перед початком робіт включіть місцеву й загальну припливно-витяжну вентиляцію.

Насіння протруйте тільки на справних агрегатах і в машинах заводського виробництва (АПЗ-10, АПС-4 А, ПС-10, ПСШ-5, “Мобітокс-Супер”, “Гуматокс С” тощо), які виключають вібрацію й розпилювання пестицидів в атмосферу. Не протруйте насіння шляхом ручного перелопачування й перемішування.

У випадку зависання насіння або пестицидів із плівкоутворюючими препаратами в бункерах зупиніть протруювач і за допомогою спеціальних лопаток усуньте зависання. Постійно слідкуйте за роботою зерноавантажувача, не допускайте перевантаження бункера протруювача насінням, дотримуйтесь пропорції насіння і робочого розчину, що подаються у змішувальний барабан.

Не допускайте відведення змивних вод у водойми без попереднього знешкодження.

Здійсніть вологе протруєння посівного матеріалу з використанням плівкоутворюючих препаратів. Не допускайте сухого протруєння.

Завантаження протруєного насіння проводьте тільки в щільно пригнані до вивантажувальних устроїв мішки з міцних, не проникних для пестицидів матеріалів або завантажувачі сівалок. На мішках повинен бути напис стійкою фарбою “ОТРУТНЕ” або “ПРОТРУЄНО”.

Не допускайте пересипання розфасованого протруєного насіння в іншу тару.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основним завданням кваліфікаційної роботи є підвищення продуктивності протруювача камерного. Це досягли за рахунок зміни деяких конструктивних і кінематичних параметрів машини. Серед них це збільшення ширини захвату живильники до 2.904 м. При цьому встановлено, що шнек діаметром 0.2 м повинен обертатися з частотою не менше 197 об/хв.

Потужність, що споживається живильником становить 1,02 кВт.

Вал шнеків виконано пустотілим із внутрішнім діаметром 44 мм, зовнішнім – 48 мм. Запас міцності даного вала становить 2,65 і тому відпадає питання виконання додаткового розрахунку - перевірки вала на жорсткість.

Проведено перевірку нашого шпонкового з'єднання маточини приєднувальної муфти до шнекового вала. Розміри шпонки вибрано згідно ГОСТ 23360-78, матеріал шпонок сталь 45, нормалізована. Діаметр вала для шпонкового паза  $d = 30 \text{ мм}$ , розміри шпонки  $8 \times 7 \times 20 \text{ (мм)}$ , глибина паза для вала  $t_1 = 4 \text{ мм}$ , для втулки  $t_2 = 3,3 \text{ мм}$ . Найбільший діючий крутний момент, який передається валом  $T = 12.4 \text{ Н}\cdot\text{м}$  при допустимому  $[T]_{зр} = 129.6 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

При зварювання пальців з'єднувальної муфти ручною дуговою зваркою із катетом 3 мм повністю виконується умова міцності для зварних швів, тому таке з'єднання можна вважати надійним. Тут діюче напруження  $\tau_{\max} = 11.3 \text{ МПа} \leq [\tau]$ , при допустимому  $[\tau] = 80 \text{ МПа}$ .

Висвітлені питання безпеки життєдіяльності, основ охорони праці.

## 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. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Машини сільськогосподарського виробництва» для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» / А.В. Бабій. Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. 100 с.
8. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту 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.

9. 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.\

10. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проектування 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.

11. Бабій А.В., Бабій М.В., Вічко О.І. Пристрій для визначення кількості та рівномірності розпилення продукту робочим органом штангового обприскувача. Деклараційний патент на корисну модель 141105 В05В 3/00, В05В 12/00, G01F 3/36 (2006.01); заявл. 16.07.2019, u201908385, опубл. 25.03.2020, бюл. № 6/2020.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

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

21. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

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

26. Протруювач камерний ПК-20. Керівництво з експлуатації. Львів.48 с.

27. 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.

28. 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. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001. 384 с.

29. 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.

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

**ДОДАТКИ**