МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
"__" _____ 2026р.
Зав. кафедри д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____В.В. Дідур___
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього ступеня)

тема роботи «Проєкт спеціалізованої майстерні з капітального ремонту сільськогосподарських знарядь з розробкою стенду для регулювання та обкатування сівалок»

Виконав: студент 4 курсу, групи 41-ім
освітньої програми __бакалавр_____
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Дідур Вадим Олександрович
(прізвище та ініціали)
Керівник доктор філософії, доцент Шевчук М.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2026 рік

ЗМІСТ

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ 8

1.1. Характеристика виробничої інфраструктури та технічне оснащення агрофірми 8
1.2. Організація технічного обслуговування техніки у ЦРМ 9
1.3. Стратегічна доцільність впровадження проєктних рішень 9

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З ВІДНОВЛЕННЯ АГРОТЕХНІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ 13

2.1. Розрахунок потреб ремонтно-обслуговуючих заходів для сільськогосподарської техніки 13
2.2. Обґрунтування обсягу трудовитрат на технічний сервіс та відновлення парку машин 17
2.3. Формування режиму функціонування дільниці та оцінка її часових ресурсів 20
2.4. Виробнича структура та склад приміщень проєкту 22
2.5. Обґрунтування розподілу трудомісткості робіт між виробничими ділянками 23

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА КОНТРОЛЬНО-ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ СІВАЛОК ДО РОБОТИ 24

3.1. Обґрунтування розробки для обкатки та калібрування висівних систем 23
3.2. Кінематичний та силовий розрахунок привода стенду 28
3.3. Висновки за розділом 39

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ 41

4.1. Дослідження поточного стану охорони праці виробничому об'єкті 41
4.2. Забезпечення безпечних умов праці при експлуатації стенду 43
4.3. Висновки за розділом 44

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ І ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ 45

ВИСНОВКИ 49

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 51

ВСТУП

Пріоритетним напрямом сільськогосподарської галузі залишається забезпечення стабільно високих показників урожайності продовольчих, технічних та кормових культур. Ефективне досягнення цієї мети безпосередньо залежить від впровадження науково обґрунтованих стратегій експлуатації машинно-тракторного парку. Ключова роль при цьому відводиться системному підходу до організації технічного обслуговування та ремонту техніки, що дозволяє підтримувати високу готовність агрегатів і мінімізувати простої під час польових робіт.

Згідно з положеннями програми модернізації агропромислової сфери, ключовою умовою подолання кризи та стабілізації галузі є системне оновлення матеріально-технічної бази. Це передбачає реструктуризацію машинобудівних підприємств, залучення конверсійного потенціалу та активне впровадження сучасної техніки. Оскільки трактори та сільськогосподарські машини забезпечують виконання критично важливих операцій — від оранки й сівби до збирання та транспортування врожаю — їхня роль у розширенні виробництва є вирішальною. Специфіка експлуатації такої техніки полягає у роботі за екстремальних умов: на заболочених чи посушливих територіях, у широкому температурному діапазоні та на складному рельєфі. Така багатогранність середовища висуває підвищені вимоги до надійності засобів механізації, а також зумовлює необхідність вдосконалення методів технічного обслуговування та експлуатації машинно-тракторного парку.

В умовах стрімкого науково-технічного прогресу, спрямованого на підвищення експлуатаційної надійності технічних засобів, спостерігається посилена увага до вдосконалення систем технічного обслуговування. Сучасні концепції технічного сервісу еволюціонують у багатоаспектні комплекси, які інтегрують як регламентовані обов'язкові процедури, так і заходи, що визначаються результатами технічного аналізу, інструментального моніторингу та діагностичного обстеження, і виконуються за фактичною потребою. Така

стратегія не лише оптимізує витрати запасних частин та експлуатаційних матеріалів, а й забезпечує раціональне використання ресурсів підприємства, підтримуючи високу працездатність машинно-тракторного парку.

РОЗДІЛ 1
ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОЕКТНОГО ГОСПОДАРСТВА

1.1. Характеристика виробничої інфраструктури та технічного оснащення

Виробнича інфраструктура проектного господарства включає комплекс капітальних споруд, тваринницькі приміщення для утримання великої рогатої худоби, адміністративні будівлі та об'єкти технічного обслуговування. Функціонування спеціалізованих дільниць (діагностування, ремонту двигунів, паливної апаратури, гідроагрегатів, ковальсько-зварювальної тощо). Ремонтно-монтажна, слюсарно-механічна дільниці, а також дільниця технічного обслуговування і діагностування.

Інші види робіт були консолідовані безпосередньо на ремонтно-монтажній дільниці, що створює суттєві технологічні ускладнення. Зокрема, проведення зварювальних робіт у загальному приміщенні призводить до інтенсивного задимлення та порушення мікроклімату. Це негативно впливає на умови праці, знижує продуктивність робітників і позначається на якості виконання ремонтних операцій. У складі виробничої інфраструктури агропідприємства діє розгалужена система допоміжних об'єктів, що охоплює просторий машинно-тракторний парк, сучасні ангари та криті сховища для захищеного утримання сільськогосподарської техніки, а також спеціалізоване депо для зберігання паливно-мастильних матеріалів, що гарантує безперебійну роботу всього господарського комплексу.

Технічне оснащення формується сучасним та різноманітним машинно-тракторним парком. Він охоплює широкий спектр сільськогосподарського обладнання, включаючи багатофункціональні трактори, високоефективні зернозбиральні комбайни та інноваційну ґрунтообробну техніку. Представлене обладнання походить як від передових вітчизняних виробників, так і від

всесвітньо визнаних лідерів іноземного машинобудування, таких як John Deere, Case IH, Claas, МТЗ.

1.2. Організація технічного обслуговування техніки

Система технічного сервісу в проектному господарстві організована за принципом самозабезпечення. Технічне обслуговування (ТО) та поточний ремонт рухомого складу, що включає вантажні автомобілі, трактори та самохідні комбайни, здійснюється безпосередньо в умовах центральної ремонтної майстерні з використанням власних трудових і матеріальних ресурсів підприємства.

З метою забезпечення оптимальної експлуатації машинно-тракторного парку (МТП) планування заходів з ТО здійснюється на річній основі. Основним регламентуючим документом для організації ремонтних робіт та технічного обслуговування є річний план-графік, який розробляється з урахуванням нормативів міжремонтного напрацювання або обсягу спожитого пального. Однак, на практиці, нерідко спостерігаються випадки недотримання встановлених термінів проведення ТО. Зазначена проблема набуває особливої актуальності в інтенсивні періоди сільськогосподарських робіт, зокрема під час посівної та збиральної кампаній.

Планові заходи з технічного обслуговування здійснюються на спеціалізованій сервісній ділянці (рис. 1.1.), що слугує постом для забезпечення належного стану техніки. До виконання цих процедур, окрім безпосереднього оператора сільськогосподарської техніки (тракториста), залучається і кваліфікований майстер-налагоджувальник. Його основна функція полягає у

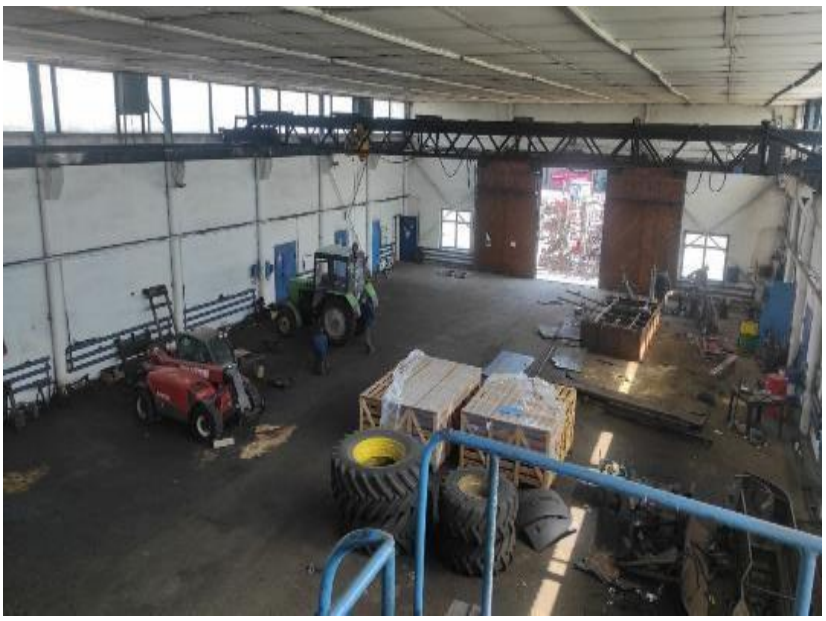


Рис. 1.1. Організація ремонтних робіт техніки

проведенні точного регулювання та налаштування різноманітних систем, вузлів і агрегатів тракторів, що сприяє їхній оптимальній та ефективній роботі.

Комплекс відновлювальних та ремонтних заходів виконується у межах виробничої дільниці, спеціально призначеної для ремонту та монтажу обладнання. Варто зазначити, що переважну частину цих робіт підприємство делегує стороннім спеціалізованим організаціям, залучаючи їх на договірній основі.

1.3. Стратегічна доцільність впровадження проєктних рішень

Сучасний стан ремонтно-обслуговуючої бази аграрного сектору характеризується критичними показниками надійності та низькою якістю технічного забезпечення. Статистичні дані контрольних випробувань свідчать, що коефіцієнт технічної готовності та рівень безвідмовності серійних моделей є вдвічі нижчими за встановлені нормативи. Зокрема, фактичний доремонтний ресурс більшості енергетичних засобів (тракторів) не досягає проєктних показників у 1,5 раза. Системний аналіз дефектів парку машин, що надходять у розпорядження сільськогосподарських підприємств, підтверджує, що

впливовим фактором такого стану є низька технологічна дисципліна на етапах заводського виробництва та недотримання технічних умов виготовлення.

Незадовільна якість виготовлення сільськогосподарських машин призводить до скорочення термінів їх експлуатації на два-три роки порівняно з нормативними показниками за даними ІМЕСГ [2]. Це зумовлює суттєве зростання капіталовкладень аграрних підприємств у підтримку техніки в робочому стані. Оскільки відновлення функціональності сучасних вузлів та агрегатів потребує високої кваліфікації персоналу, а також застосування спеціалізованого устаткування. Попри прагнення провідних машинобудівних компаній до створення «рівноміцних» конструкцій, де всі деталі мають однаковий ресурс, у найближчій перспективі ця мета залишається важкодосяжною. Саме тому сучасне проектування машин базується на принципах високої ремонтопридатності — максимальної адаптації конструкції до швидкої та технологічної заміни модулів, що вичерпали свій ресурс.

Для ефективного досягнення поставлених цілей в агропромисловому комплексі є нагальною потреба в оптимізації матеріально-технічного забезпечення. Це передбачає не лише підвищення якісного рівня технічного обслуговування та ремонту машин, але й суттєве продовження їхніх міжремонтних періодів експлуатації, а також мінімізацію супутніх витрат на утримання машинно-тракторного парку. При цьому значна частка цих видатків припадає саме на ремонтні роботи. Нераціональне розподілення капіталовкладень, спрямованих на розвиток ремонтно-технічної бази, низький коефіцієнт використання наявних виробничих фондів та недосконала організація ремонтно-сервісного виробництва зумовлюють зростання собівартості механізованих технологічних операцій як у рослинництві, так і у тваринництві. Крім того, переважання у системі технічного сервісу дрібномасштабних ремонтних підприємств обмежує можливості для впровадження сучасного устаткування та оснащення, їхньої планомірної модернізації, удосконалення технологічних процесів та забезпечення належної спеціалізації й кооперування виробничих операцій.

Ключовим критерієм економічної ефективності ремонтного підприємства є його оптимальна виробнича програма, що забезпечує максимальне завантаження ремонтно-технологічного обладнання та виробничих потужностей. Найбільш доцільним та економічно обґрунтованим шляхом нарощування виробничих обсягів суб'єкта господарювання визнається спеціалізація на ремонті гомогенної продукції. У цьому контексті спостерігається скорочення кількості операційних етапів, а складні, циклічно повторювані процеси легко декомпозуються на простіші компоненти, що піддаються механізації та, за певних умов, автоматизації. Отже, ремонтний процес набуває рис серійного виробництва.

Підвищення техніко-економічної ефективності сучасних машин досягається шляхом нарощування їхньої енергонасиченості, впровадження високошвидкісних режимів роботи, збільшення ширини захвату та застосування інноваційних робочих органів. Проте ці конструктивні вдосконалення неминуче призводять до ускладнення будови агрегатів, підвищення точності сполучень та встановлення суворіших вимог до дотримання параметрів розмірних ланцюгів. Як наслідок, спостерігається зростання обсягів розбірно-складальних операцій, питома вага яких у структурі ремонтних витрат уже перевищує 50%.

Варто зауважити, що за існуючого стану ремонтно-обслуговуючої бази та застарілих технологічних підходів, очікуваний економічний ефект і зростання продуктивності можуть не досягти цільових показників. Водночас розвиток інженерно-технічної сфери на засадах сучасної концепції комплексного технічного сервісу дозволить забезпечити підвищення коефіцієнта технічної готовності МТП на 15–20% порівняно з базовими показниками. Це сприятиме мінімізації втрат врожаю через несвоєчасне виконання польових робіт та гарантуватиме отримання додаткових обсягів сільськогосподарської продукції за рахунок чіткого дотримання агротехнічних термінів

З метою підвищення ефективності технічного сервісу в

межах даного дипломного проєкту передбачено раціональну організацію ремонтних робіт із науково обґрунтованим розрахунком необхідної чисельності виробничого персоналу, службовців та інженерно-технічних працівників. Важливим етапом є впровадження інноваційних технологій і сучасного обладнання, що дозволить спроєктувати високоефективну дільницю з обслуговування сільськогосподарських знарядь. Для забезпечення належного рівня ремонтного виробництва в умовах підприємства необхідно здійснити організацію спеціалізованого відділення технічного сервісу, створити умови для відновлення робочих поверхонь валів та нанесення захисного лакофарбового покриття безпосередньо в межах майстерні. Особлива увага приділяється створенню постів для ремонту дискових борін, що наразі обслуговуються за відсутності належного інструментарію, а також закупівлі відсутнього технологічного устаткування для поточного ремонту.

Проєкт передбачає заходи з розробки засобів технічного оснащення та проведення комплексної техніко-економічної оцінки, що підтвердить доцільність запропонованих рішень для модернізації інженерної служби агрофірми.

РОЗДІЛ 2
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З ВІДНОВЛЕННЯ АГРОТЕХНІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

2.1. Розрахунок потреб ремонтно-обслуговуючих заходів для сільськогосподарської техніки

Розрахунок кількості агрегатів $N_{а,}$, що підлягають капітальному відновленню здійснюється для забезпечення безперебійної роботи парку машин та формування необхідного оборотного фонду при проведенні капітальних і поточних ремонтів [3, 4]:

$$N_а = N_м \cdot (Ко + К_а), \quad (2.1)$$

Де $N_м$ - загальна кількість машин відповідної марки у складі парку;

$К_а$ - коефіцієнт охоплення агрегатів капітальним ремонтом для забезпечення потреб поточного ремонту [3];

Ко - коефіцієнт охоплення капітальним ремонтом машин даної моделі [3].

Розрахунок в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1

Розрахунок кількості капітальних ремонтів агрегатів

Формула та чисельне значення	Модель техніки	Кількість агрегатів, шт.
Na= 1 • (0,14 + 0,11) = 0,25	ХТЗ - 170	0
Na= 8 • (0,11 + 0,12) = 1,84	МТЗ-82	2
Na= 4 • (0,15 + 0,13) = 1,12	John Deere 9510	1
Na= 8 • (0,11 + 0,19) =2,4	ГАЗ-3309	2
Na= 3 • (0,13 + 0,17) = 0,9	Renault Duster	1
Na= 2 • (0,14 + 0,17) = 0,62	КрАЗ 5401	0
Na= 3 • (0,14 + 0,13) = 0,81	К-701	1
Na= 2 • (0,11 + 0,19) =0,5	КрАЗ 65111	0

Кількість ремонтних робіт та технічного обслуговування для тракторів та зернозбиральних комбайнів [3, 4]:

$$N_{ТР} = \frac{B_Г \cdot N_М \cdot \alpha}{B_{ТР} \cdot K_З \cdot \eta} \ ; \quad (2.2)$$

$$N_{ТО-3} = \frac{B_Г \cdot N_M \cdot \alpha}{B_{ТО-3} \cdot K_З \cdot \eta} - N_{ТР}; \quad (2.3)$$

$$N_{ТО-2} = \frac{B_Г \cdot N_M \cdot \alpha}{B_{ТО-3} \cdot K_З \cdot \eta} - N_{ТР} - N_{ТО-3}; \quad (2.4)$$

$$N_{ТО-1} = \frac{B_Г \cdot N_M \cdot \alpha}{B_{ТО-3} \cdot K_З \cdot \eta} - N_{ТР} - N_{ТО-3} - N_{ТО-2}, \quad (2.5)$$

Де $B_г$ - показник середньорічного нормативного обсягу роботи, визначений для конкретної марки техніки. Для тракторів цей показник становить 790 у.е.га ; для ЗЗК становить 300 у.е.га ;

α - коефіцієнт перекладу фізичного трактора в умовний

$К_з$ - коефіцієнт, що відображає вплив регіональних умов експлуатації. Для тракторів його значення становить 0,92 [3];

$В_{тр.}$, $В_{то-3}$, $В_{то-2}$, $В_{то-1}$ - інтервали проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів для тракторів [3];

η - коефіцієнт, що використовується для переведення реальної (фізичної) одиниці трактора в умовну [3].

Проведення комплексних обчислень та аналізу для великогабаритної сільськогосподарського трактора К-701:

$$N_{ТР} = \frac{790 \cdot 3 \cdot 2{,}7}{6200 \cdot\ 0{,}85 \cdot\ 0{,}92} = 1{,}32 \approx 1;$$

$$N_{ТО-3} = \frac{790 \cdot 3 \cdot 2{,}7}{3100 \cdot\ 0{,}85 \cdot\ 0{,}92} - 1{,}32 = 1{,}32 \approx 1;$$

$$N_{ТО-2} = \frac{790 \cdot 3 \cdot 2{,}7}{775 \cdot\ 0{,}85 \cdot\ 0{,}92} - 1{,}32 - 1{,}32; = 7{,}92 \approx 8;$$

$$N_{ТО-1} = \frac{790 \cdot 3 \cdot 2{,}7}{193{,}8 \cdot\ 0{,}85 \cdot\ 0{,}92} - 1{,}32 - 1{,}32 - 7{,}92 = 31{,}66 \approx 32.$$

Усі подальші обчислення та аналіз, що стосуються різноманітних моделей та марок обладнання, здійснювалися за ідентичною методологією. Отримані дані були ретельно систематизовані й узагальнені, після чого знайшли своє комплексне відображення у зведеній таблиці 2.2.

Визначення загального обсягу робіт з технічного обслуговування та ремонту зернозбиральних комбайнів здійснюється за такими формулами:

$$N_{KP} = \frac{B_Г \cdot N_M}{B_{KP} \cdot K_з \cdot \eta}; \quad (2.6)$$

$$N_{TP} = \frac{B_Г \cdot N_M}{B_{TP} \cdot K_з \cdot \eta} - N_{KP}; \quad (2.7)$$

$$N_{TO} = \frac{B_Г \cdot N_M}{B_{TO} \cdot K_з \cdot \eta} - N_{KP} - N_{TP}. \quad (2.8)$$

Для зернозбирального комбайна розрахункові значення становлять:

$$N_{KP} = \frac{300 \cdot 10}{1100 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}96} = 3{,}34 \approx 3;$$

$$N_{ПР} = \frac{300 \cdot 10}{400 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}96} = -3{,}34 = 5{,}85 \approx 6;$$

$$N_{TO} = \frac{300 \cdot 10}{400 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}96} - 3{,}34 - 5{,}85 = 15{,}3 \approx 15.$$

Кількість поточних ремонтів сільськогосподарських машин визначається за формулою:

$$N_{тр.схм} = Ко \cdot N_{м},, \quad (2.9)$$

Де Ко - коефіцієнт охоплення ремонтом. Його значення становить 0,8 для плугів, а для інших видів сільськогосподарських машин – від 0,6 до 0,65, що прийнято як 0,65 [3].

Результати обчислень наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Розрахунок кількості поточних ремонтів сільськогосподарських знарядь

Математичне обґрунтування та розрахунок	Найменування с/г знарядь	Прийнята кількість ремонтів, од.
$N_{ТР} = 0{,}65 \cdot 2 = 1{,}3$	косарки	1
$N_{ТР} = 0{,}65 \cdot 5 = 3{,}25$	зернозбиральні жатки	3
$N_{ТР} = 0{,}65 \cdot 15 = 9{,}75$	сівалка	10
$N_{ТР} = 0{,}8 \cdot 9 = 7{,}2$	плуг	7
$N_{ТР} = 0{,}65 \cdot 2 = 1{,}3$	кормозбиральний комбайн	1
$N_{ТР} = 0{,}65 \cdot 5 = 3{,}25$	дискові лущильні агрегати	2
$N_{ТР} = 0{,}65 \cdot 30 = 19{,}5$	боронувальні знаряддя	19
$N_{ТР} = 0{,}65 \cdot 3 = 1{,}95$	ґрунтообробні культивуючі агрегати	2
$N_{ТР} = 0{,}65 \cdot 2 = 1{,}3$	згрібальна техніка	1
$N_{ТР} = 0{,}65 \cdot 3 = 1{,}95$	прес-підбирач	2

2.2. Обґрунтування обсягу трудовитрат на технічний сервіс та відновлення парку машин

Обсяг трудових затрат, необхідних для виконання капітальних і поточних ремонтів, а також планового технічного обслуговування різних категорій обладнання, розраховується на основі представлених нижче аналітичних виразів [3, 4]:

$$T_{Tp} = N_{TP} \cdot T_{HTP}; \quad (2.10)$$

$$T_{Toi} = N_{TOi} \cdot T_{HTOi}; \quad (2.11)$$

$$T_{кр} = N_{KP} \cdot T_{HKP}. \quad (2.12)$$

Де $N_{КР}$, $N_{ТР}$, $N_{ТОі}$ - сукупність виконаних капітальних ремонтів (КР), поточних ремонтів (ПР) та технічних обслуговувань (ТО) відповідно;

$T_{кр}$, $T_{Тр}$, $T_{Тоі}$ - сумарні трудовитрати на проведення зазначених видів робіт (КР, ПР, ТО);

$T_{НКР}$, $T_{НТР}$, $T_{НТОі}$ - нормативні показники трудовитрат, встановлені для здійснення однієї операції ремонту або технічного обслуговування, а саме: КР комбайнів [3]; ПР комбайнів [3]; ПР СГМ [3];КР двигун трактора [3]; ТО тракторів [3]; ПР тракторів [3]; ТО комбайнів [3]; КР тракторів [3]; КР двигун автомобіля [3].

Розрахунки зведено в таблицю 2.3.

Далі, наведений приклад обчислення виконано на базі трактора МТЗ-82 з наступними результатами:

$$T_{кр} = 0 \cdot 17{,}8 = 0 \text{ . люд.-г;}$$

$$T_{То\text{-}2} = 20 \cdot 5{,}2 = 104 \text{ люд.-г;}$$

$$T_{Тр} = 3 \cdot 120{,}6 = 361{,}8 \text{ люд.-г;}$$

$$T_{То\text{-}3} = 3 \cdot 15{,}62 = 46{,}9 \text{ люд.-г;}$$

$$T_{То\text{-}1} = 82 \cdot 2{,}01 = 165 \text{ люд.-г.}$$

Обчислення для інших категорій тракторної техніки, сільськогосподарського обладнання та силових агрегатів виконуються за

аналогічною методологією та представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.3

Річна кількість ремонтів та технічних обслуговувань машинно-тракторного парку

Об'єкт розрахунку	N_M, шт.	ТО-2 (Всього/ ЦРМ)	ТО-3 (Всього/ ЦРМ)	ПР (Всього/ ЦРМ)	ТО-1 (Всього/ ЦРМ)	КР (Всього/ ЦРМ)
Трактори та капітальний ремонт двигунів тракторів						
John Deere 9510	4	11/11	2/2	2/2	43/43	
МТЗ-80/82	8	20/20	3/3	3/3	82/82	
К-701	3	8/8	1/1	1/1	32/32	
ХТЗ - 170	1	3/3	0/0	0/0	11/11	
Аграрна техніка						
плуг	9			7/7		
борони	30			19/19		
культиватор	3			2/2		
прес-підбирач	3			2/2		
ЗЗК	10	15/15		6/6		3/3
силосоуб	2			1/1		
сівалка	15			10/10		
диск лущ	5			3/3		
жниварки	5			3/3		
згрібальна техніка	2			1/1		
косарки	2			1/1		

Обсяг трудових витрат на оперативне технічне обслуговування та поточний ремонт для окремих марок автомобілів визначається на основі питомих трудовитрат, що припадають на 1000 мотогодин експлуатації або кілометрів пробігу [3, 4]:

$$T_{TP} = \frac{\Pi_\Gamma \cdot N_M}{1000} \cdot \mathrm{T_{НТР}}; \quad (2.13)$$

$$T_{TP} = \frac{\Pi_\Gamma \cdot N_M}{1000} \cdot \mathrm{T_{НТО}}; \quad (2.14)$$

Де $\Pi_г$ - запланований річний пробіг транспортних засобів, диференційований за марками;

$T_{нтр}$, $T_{нто\text{-}2}$, $T_{нто\text{-}1}$ - питомі нормативи трудомісткості, що стосуються поточних ремонтів та технічного обслуговування (ТО) автотранспортних

засобів, вимірювані у людино-годинах на 1000 кілометрів пробігу, згідно з джерелом [3];

Предметом розгляду є обчислення трудомісткості поточного ремонту для транспортного засобу – автомобіля моделі КрАЗ 65111:

$$T_{TP} = \frac{3500 \cdot 2}{1000} \cdot 10{,}5 = 735 \text{ г};\ \ T_{TO} = \frac{3500 \cdot 2}{1000} \cdot 4{,}8 = 336 \text{ люд} - \text{год}.$$

Розрахунки трудомісткості поточного ремонту автомобіля ГАЗ-3307:

$$T_{TP} = \frac{5500 \cdot 2}{1000} \cdot 5{,}9 = 649 \text{ г};\ \ T_{TO} = \frac{5500 \cdot 2}{1000} \cdot 3 = 330 \text{ люд} - \text{год}.$$

Аналогічні розрахунки проведено для Renault Duster:

$$T_{TP} = \frac{30000 \cdot 3}{1000} \cdot 10{,}3 = 927 \text{ г}; \qquad T_{TO} = \frac{30000 \cdot 3}{1000} \cdot 1{,}7 = 153 \text{ люд. – год.}$$

Для автомобіля ГАЗ-3309 було визначено:

$$T_{TP} = \frac{55000 \cdot 8}{1000} \cdot 5{,}3 = 2332 \text{ г}; \qquad T_{TO} = \frac{55000 \cdot 8}{1000} \cdot 3{,}6 = 1584 \text{ люд. - год.}$$

Усі отримані результати системно узагальнено в таблиці 2.4. Загалом, обчислення трудомісткості поточного ремонту сільськогосподарських машин різних марок здійснюється на основі спеціалізованої формули [3, 4]:

$$T_{Тр} = N_{ТР} \cdot T_{НТР}; \qquad (2.15)$$

Для ілюстрації методики розрахунку наведено приклад для плуга:

$$T_{Тр} = 7 \cdot 21 = 147 \text{ люд. - год..}$$

За аналогічною методологією здійснюються обчислення для інших видів обладнання, а отримані дані систематизуються та узагальнюються у таблиці 2.4. На основі проведених розрахунків встановлено, що сумарна річна трудомісткість робіт проектованої дільниці становить 17256,89 люд.-год, що є базовим показником для подальшого визначення чисельності персоналу та виробничих площ. Структурний аналіз трудовитрат свідчить, що основний обсяг робіт (69,5%) припадає на безпосередній технічний сервіс машинно-тракторного парку ($T_м$ = 11990,55 люд.-год), тоді як суттєва частка додаткових робіт ($T_{доп}$ = 4796,24 люд.-год) та резерв на непередбачені несправності (470,10 люд.-год) підтверджують багатофункціональність майстерні.

Таблиця 2.4

Розрахунок загального обсягу трудовитрат на підтримання працездатності машинно-тракторного парку

Модель, вид техніки	Nм, шт	Трудомісткість робіт						Трудомісткість обслуговування								
		КР			ПР			ТО-3			ТО-2			ТО-1		
		N	Т	∑Т	N	Т	∑Т	N	Т	∑Т	N	Т	∑Т	N	Т	∑Т
Аграрна техніка :																
борони	30				19	4	76									
диск лущ	5				3	17	51									
прес-підбирач	3				2	60	120									
Єва	2				1	200	200									
граблі	2				1	30	30									
культиватор	3				2	38	76									
плуг	9				7	21	147									
Claas Lexion 550	10	3	54	162	6	210	1260				15	7,4	111			
косарки	2				1	38	38									
сівалка	15				10	63	630									
жниварки	5				3	60	180									
Всього:		162	2808		111											
Тракторна техніка:																
John Deere9510	4	1	39	39	2	148	295,4	2	13,63	27,3	11	6,69	73,59	43	2,98	128
МТЗ-82	8	2	37	74	3	121	361,8	3	15,62	46,9	20	5,2	104	82	2,01	165
К-701	3	1	87	87	1	82,5	82,5	1	26,8	26,8	8	12,3	98,56	32	3,28	105
ХТЗ - 170	1	0	63	0	0	120	0	0	26,8	0	3	8,9	26,7	11	2,5	27,5
Всього:		200			739,7			100,92			302,85			425,42		
Автомобілі:																
КрАЗ 65111	2	0	4412	0	735						336					
Renault Duster	3	1	19,1	19,1	927						153					
ГАЗ-3309	8	2	37,78	75,56	2332						1584					
ГАЗ-3307	2	0	35,32	0	649						330					
Всього:		94,66			4643						2403					
Трудомісткість ремонтних робіт Тм								11990,55								
Непередбачені несправності $T_{нтн}$								50 % * $T_{то}$			470,095					
Трудові витрати, пов'язані із супровідними або допоміжними видами відновлювальних заходів																
Інші невраховані роботи								10% *$T_м$			10%			1199,06		
Ремонт обладнання ферм								5 - 8 % *$T_м$			8%			959,25		
Ремонт і виготовлення оснащення й інструмента								3 - 5%*$T_м$			5%			599,53		
Ремонт устаткування								8 - 10 % *$T_м$			10%			1199,06		
Відновлення й виготовлення деталей								5 - 7% *$T_м$			7%			839,34		
Загальна трудомісткість робіт $T_{общ}$								17256,885								
Трудомісткість додаткова $T_{доп}$								4796,24								

2.3. Формування режиму функціонування дільниці та оцінка її часових ресурсів

Визначення режиму роботи майстерні та розрахунок часових ресурсів є необхідною умовою для переходу від загальної трудомісткості до чисельності персоналу та кількості обладнання. Для проектованої дільниці прийнято переривчастий п'ятиденний робочий тиждень з однією зміною тривалістю 8 годин. [5, 7]. Номінальний річний фонд робочого часу визначається з урахуванням календарних, вихідних та святкових днів і тривалості робочої зміни:

$$\Phi_{н.р} = \left(d_к \cdot d_в \cdot d_п\right) t_{зм} \cdot d_{пд}, \qquad (2.16)$$

Де $d_{п.п}$ - кількість календарних, вихідних та святкових днів відповідно;

$d_в$, $d_п$, $d_к$ - кількість вихідних, святкових і календарних днів;

$t_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год ($t_{зм} = 8$) [5, 6].

Згідно з виробничим календарем:

$$Фн._р=(365 – 107 - 10) \cdot 8 – 8 = 1984 – 8 = 1976 \text{ годин.}$$

Дійсний річний фонд часу робітника враховує реальні витрати часу з урахуванням відпусток та можливих пропусків з поважних причин: [5, 6]:

$$Фд._р = (d_к – d_в - d_п – d_о) \cdot t_{см} \cdot \eta_р – d_{п.п} \cdot \eta_р, \qquad (2.17)$$

Де $\eta_р$ - коефіцієнт використання робочого часу, що враховує хвороби та державні обов'язки ($\eta_р = 0{,}96$) [5, 6];

$d_о$ - тривалість основної та додаткової відпусток, днів.

Результати розрахунків для різних категорій професій, що відрізняються тривалістю відпусток через специфіку умов праці, наведено в таблиці 2.5.

Паралельно розраховується фонд часу роботи обладнання, який враховує час на його технічне обслуговування та ремонт [5, 6]:

$$Фн._{про}= (d_к – d_в - d_п) \cdot t_{см} \cdot n, \qquad (2.18)$$

Де n - кількість змін роботи дільниці [6].

Згідно з розрахунком:

$$Фн._{про}=(365 – 107 - 10) \cdot 8 \cdot 1 = 1984 \text{ годин.}$$

Сукупний річний часовий фонд роботи устаткування:

$$Фд._{про}= Фн._{про} \cdot \eta_{про}, \quad (2.19)$$

Де $\eta_{об}$ - коефіцієнт використання обладнання, що враховує витрати часу на його планове обслуговування та ремонт.

Приймаємо: $\eta_{про} = 0,95…0,98 = 0,965$, [6] тоді:

$$Фд._{про}= 1984 \cdot 0,965 = 1914,56 \text{ год.}$$

Таблиця 2.5

Обсяг трудового часу працівників

Професійна кваліфікація персоналу	Категорія	Нормативна кількість додаткових днів	Плановий фонд робочого часу (години)	Фактично відпрацьовані дні
Спеціалісти з виробничих професій високої кваліфікації (зокрема акумуляторники, ковалі, мідники, малярі, електрогазозварники).	1	24	1976	1712
Робітники основного виробництва (включаючи теслярів, слюсарів, токарів).	3	15	1976	1781
Технічний персонал із забезпечення та контролю (мийники, випробувачі, вулканізаторники, гальваніки).	2	18	1976	1758

2.4. Виробнича структура та склад приміщень проєкту

Формування виробничої структури центральної ремонтної майстерні базується на принципах поточності технологічних процесів та раціонального використання площ відповідно до нормативів типового проектування. Склад підрозділів дільниці охоплює повний цикл відновлення техніки, починаючи від постів зовнішньої мийки, очищення та поглибленого діагностування до спеціалізованих відділень з ремонту двигунів, паливної апаратури, гідравлічних систем та електроустаткування. Технологічна гнучкість забезпечується

наявністю ковальсько-зварювальної, мідницько-бляхарської та слюсарно-механічної дільниць, що дозволяють виконувати складні відновлювальні операції без залучення сторонніх сервісних центрів. Окремі зони для розбірно-мийних робіт, випробувань, гальваніки та фінішного фарбування гарантують дотримання технічних умов експлуатації машин.

Окрім основних цехів, проектом передбачено розвинену інфраструктуру допоміжних приміщень, включаючи інструментально-роздавальну комору, складські площі, адміністративну контору та санітарно-побутові вузли з кімнатами відпочинку, що створює оптимальні умови для продуктивної праці персоналу та ефективного управління ремонтним фондом.

2.5. Обґрунтування розподілу трудомісткості робіт між виробничими ділянками

Розподіл загальної трудомісткості ремонтних робіт за виробничими ділянками здійснюється на основі укрупнених нормативних показників. Для цього використовуються орієнтовні співвідношення окремих видів робіт до загального обсягу трудових витрат ремонтної дільниці. На підставі цих співвідношень визначається сумарна трудомісткість за кожним видом робіт.

Відповідно до встановленої трудомісткості визначаються види робіт, що виконуються на окремих виробничих ділянках. Залежно від отриманих результатів проводиться коригування складу дільниць: у разі незначного обсягу робіт окремі ділянки можуть об’єднуватися з іншими, близькими за характером виконуваних операцій.

Орієнтовний розподіл трудомісткості ремонтів тракторів, автомобілів, причепів і зернозбиральних комбайнів за видами робіт наведено відповідно до нормативних джерел [3]. Аналогічно визначається структура трудових витрат при виконанні капітального ремонту агрегатів, поточного ремонту сільськогосподарських машин, а також ремонту комбайнів.

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА КОНТРОЛЬНО-ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ СІВАЛОК ДО РОБОТИ

3.1. Обґрунтування розробки для обкатки та калібрування висівних систем

Пріоритетним завданням у розвитку аграрного сектору є розроблення та впровадження високопродуктивних, ресурсоефективних та екологічно безпечних технологій для обробітку зернових і просапних культур. Це також включає створення адаптивних багатофункціональних комбінованих агрегатів, призначених для мінімального обробітку ґрунту та сівби, що дозволяє скоротити кількість проходів сільськогосподарської техніки по полю у 3–4 рази та забезпечити підвищення врожайності на 15–20% [9]. Ключовим етапом у загальному технологічному циклі вирощування як просапних, так і зернових культур є сівба. Конструйовані сівалки для просапних культур повинні гарантувати дотримання заданої норми висіву, рівномірний розподіл насіннєвого матеріалу як по площі, так і за глибиною загортання.

Перед початком сівби здійснюється налаштування сівалки відповідно до необхідної норми висіву. Процедура такого регулювання виконується наступним чином.

Для забезпечення належного функціонування механізмів посіву, необхідно підняти посівний агрегат за допомогою підіймального пристрою та розташувати його на опорній платформі, таким чином, щоб рушійні колеса мали можливість вільного обертання. Зокрема, для моделей Elworthy ASTRA 5.4 PREMIUM та їхніх модифікацій, підіймальний пристрій слід розміщувати безпосередньо під кронштейнами, розташованими на бічних ділянках каркаса. При цьому, стабільність розміщення агрегату на опорній конструкції має бути забезпечена.

Наступним кроком є верифікація просторового розташування кожного дозувального апарату (котушки) відносно його посадкового гнізда. Це виконується шляхом переведення важеля керування на контролері висіву в крайнє положення, що гарантує повне занурення дозувального апарату в гніздо [9]. При повному зануренні, торцева частина дозувального апарату повинна бути співвісна з площиною посадкового гнізда.

У разі виявлення невідповідності зазначеній вимозі, особливо для Elworthy ASTRA 5.4 PREMIUM та її модифікацій, необхідно послабити кріпильні елементи, що фіксують основний корпус агрегату до редуктора. Після цього слід скоригувати положення корпусу таким чином, щоб торець котушки знаходився на одному рівні з площиною гнізда. Проведення даного калібрування гарантує ідентичну ефективну довжину всіх дозувальних апаратів у будь-якому положенні регулювального важеля, що, своєю чергою, сприяє надзвичайно однорідному нормуванню висіву насіння [9].

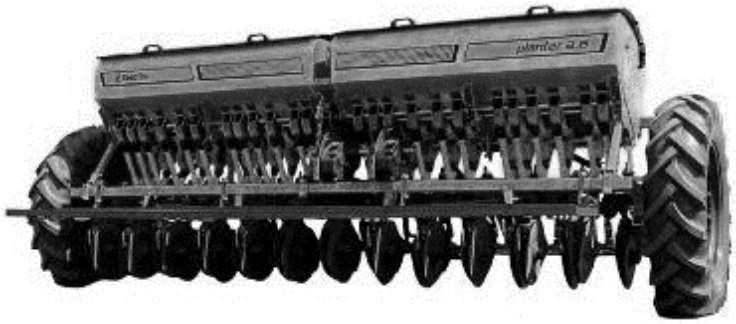


Рис. 3.1. Пристрій для посіву зернових культур модель ASTRA 5.4 PREMIUM, виробництва Елворті

Необхідно налаштувати механізм передач на відповідне передавальне відношення для приводного вала сівалки. Зокрема, модель Elworthy ASTRA 5.4 PREMIUM пропонує чотири варіанти передавальних відношень.

Далі, розрахуйте кількість обертів (позначимо як n) робочого колеса висівного апарату, необхідних для обробки ділянки площею 0,01 гектара (або 100 квадратних метрів). Для виконання цього розрахунку спершу визначте площу, яку сівалка обробляє за один повний оберт свого колеса. Ця площа обчислюється множенням робочої ширини сівалки на довжину окружності

колеса. При цьому важливо не враховувати можливе проковзування (пробуксовування) колеса. Отримане значення площі слід розділити на 100, щоб отримати шукане число n [9].

Для прикладу, довжина окружності колеса сівалки моделі Elworthy ASTRA 5.4 PREMIUM становить орієнтовно 3,7 метра, з поправкою на деформацію шини. Оскільки робоча ширина сівалки складає 3,6 метра, то площа посіву за один оберт колеса сівалки розраховується як добуток цих значень: 3,7 м × 3,6 м ≈ 13,3 м². Відповідно, необхідна кількість обертів колеса для посіву на площі 100 м² становить 100 м² / 13,3 м² = 7,6 оберту. За умови наявності коефіцієнта пробуксовування коліс, що дорівнює 0,1, розраховану кількість обертів необхідно скоригувати шляхом множення на (1 - 0,1), що дає 7,6 × 0,9 = 6,8 оберту. Для попереднього налаштування рекомендовано прийняти значення n = 7 [9].

Заповніть бункери для насіння мінімум на одну третину їхнього об'єму та укрийте їх брезентом. Перед початком роботи слід проконтролювати розташування розподільчих клапанів на всіх секціях сівалки. Під час посіву насіння злакових культур технологічний проміжок між клапаном і нижньою кромкою муфти не повинен перевищувати 1,2 мм.

Обод привідного колеса має мітки, що дозволяють легко контролювати швидкість обертання. Встановіть важіль регулятора висіву насіння на задану норму та прокрутіть колесо два-три рази для заповнення дозуючого апарату посівним матеріалом. Після цього колесо сівалки здійснює заздалегідь розраховану кількість обертів. Висіяний посівний матеріал збирається, зважується, а отримана вага множиться на 100 для визначення фактичної норми висіву на гектар. Якщо посів здійснюється лише частиною робочої ширини сівалки (наприклад, її половиною), отримане значення маси слід подвоїти. У разі, якщо фактичний обсяг висіву не відповідає встановленому, необхідно скоригувати положення важеля регулятора, змінюючи робочу довжину дозуючої котушки, і повторювати процедуру налаштування доти, доки сівалка не висіватиме необхідний обсяг. Після двох-трьох циклів коригування, якщо

відхилення від стандарту в будь-якому напрямку не перевищує 5%, обладнання вважається відкаліброваним для посіву.

Важливо зауважити, що обертання коліс має бути рівномірним та відповідати частоті їх обертання під час фактичного посіву. Наприклад, при швидкості руху 0,5 км/год колеса сівалки Elworthy ASTRA 5.4 PREMIUM здійснюють приблизно 20 обертів на хвилину. Зі збільшенням швидкості руху частота обертання коліс зростає пропорційно [9].

Вищезазначений метод регулювання сівалки Елворті ASTRA 5.4 PREMIUM є надзвичайно часозатратним. Він вимагає застосування значної кількості допоміжного обладнання та пристосувань, таких як захисні покриття, підйомні механізми тощо. Крім того, при виконанні регулювання таким способом існує висока ймовірність похибки, оскільки обертання колеса здійснюється вручну, що призводить до непостійної швидкості та, відповідно, до неточності налаштувань.

У зв'язку з цим, нами було запропоновано розробити спеціалізований випробувальний стенд (рис. 3.2.) для обкатки та налаштування сівалки Елворті ASTRA 5.4 PREMIUM після проведення ремонтних робіт.

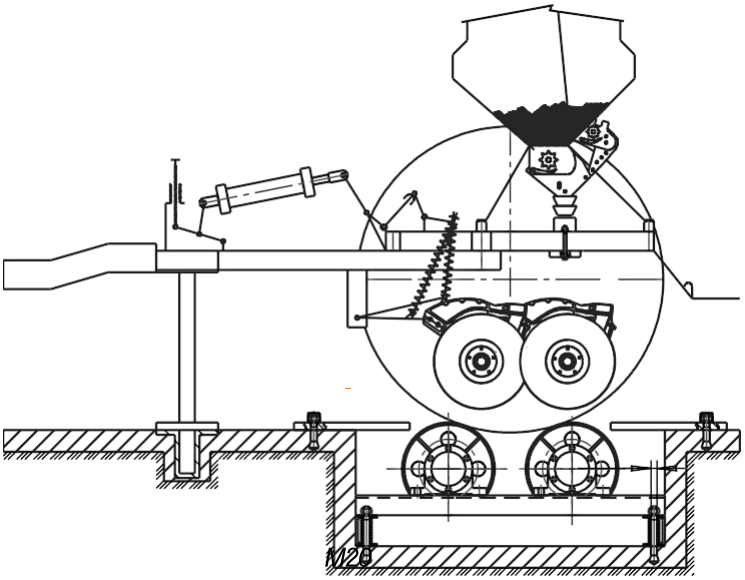


Рис. 3.2. Загальний вигляд контрольно-випробувального стенду для сівалок моделі ASTRA 5.4 PREMIUM, виробництва Елворті

Цей стенд складається з електродвигуна, редуктора, приводного барабана та несучої рами. Процедура регулювання передбачає розміщення

сівалки на стенді, від'єднання сім'япроводів та встановлення приймальних ємностей під кожним висівним апаратом. Після активації електродвигуна здійснюється регулювання норми висіву насіння шляхом зміни робочої довжини висівних котушок та перекомпонування шестерень у редукторі. Запропонований стенд дозволяє оперативно виконувати налаштування висівних систем у широких діапазонах. Дозу внесення добрив від 36 до 230 кг/га змінюють шляхом переміщення заслінок або перестановки шестерень у приводному механізмі. Поєднання регулювання робочої довжини котушок та зміни передатного відношення редуктора дозволяє варіювати норму висіву насіння, що для пшениці становить від 70 до 230 кг/га. Залежно від фракції та розмірів насіння, на стенді також встановлюють необхідний технологічний зазор між клапаном висіваючих апаратів і нижнім ребром муфти. Механізований привід стенду забезпечує стабільність цих параметрів, що гарантує високу якість посіву після виїзду агрегату в поле.

3.2. Кінематичний та силовий розрахунок привода стенду

Система приводу включає електричний двигун, двоступеневий циліндричний редуктор з коаксіальною конфігурацією та з'єднувальну муфту, що забезпечує передачу обертового руху від тихохідного валу до тягового барабана. Для проведення розрахунку прийняті наступні вихідні дані: колове зусилля на барабані F становить 1,8 кН, швидкість руху барабана V дорівнює 2,7775 м/с, а його діаметр D складає 320 мм.

Першим етапом проектування є визначення загального коефіцієнта корисної дії привода за формулою 3.1[3, 10]. Загальний ККД $\eta_{пр}$ розраховується як добуток значень ККД окремих елементів системи, а саме редуктора $\eta_р$, зубчастої передачі $\eta_{з.п.}$, самого стенда ηст та сполучної муфти $\eta_м$. Приймаючи стандартні значення для вказаних вузлів, отримуємо:

$$\eta_{пр.} = \eta_р \cdot \eta_{з.п.} \cdot \eta_{ст.} \cdot \eta_м = 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,885. \quad (3.1)$$

Розрахунок потужності, що припадає на вал електродвигуна в умовах статичного навантаження, здійснюється відповідно до методики, представленої в джерелах [3, 10]. Величина цієї потужності (Р) визначається за формулою:

$$P_{TP} = \frac{F_t \cdot V}{\eta_{gh}} = \frac{1800 \cdot 2{,}7775}{0{,}885} = 5649{,}1 \text{ Вт,} \quad (3.2)$$

Де F_t - тангенціальне зусилля, що діє на периферії приводного барабана;

D - діаметр приводного котка (мм);

V - лінійна (ко́лова) швидкість обертання (м/с);

η – загальний коефіцієнт корисної дії (ККД) привідної системи;

Щодо параметрів привідної системи, рекомендовані діапазони передатних чисел такі:

- для високошвидкісного ступеня (U_I): від 4,0 до 6,3;
- для низькошвидкісного ступеня (U_{II}): від 2,5 до 5,0.

$U_{пр.\ min.} = U_{I.\ min}\ U_{II.\ min} = 4.0 \bullet 2.5 = 10$ $U_{пр.\ max} = U_{I.\ max}\ U_{II.\ max} = 6{,}3 \bullet 5{,}0 = 31{,}5$

Де $U_{пр.\ max}$ - визначає рекомендоване максимальне передатне співвідношення для кожного відповідного ступеня приводу;

$U_{пр.\ min}$ – изначає рекомендоване мінімальне передатне співвідношення для кожного відповідного ступеня приводу.

Після визначення цих критичних передатних параметрів, переходимо до аналізу динамічних характеристик системи, а саме:

Частота обертання веденого вала — цей параметр характеризує швидкість обертання або кутову швидкість вихідного вала, який є приймачем руху в передавальному механізмі:

$$n = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 2{,}7775}{3{,}14 \cdot 0{,}320} = 176{,}9 \text{ об/хв.} \quad (3.3)$$

Діапазон допустимих величин обертової швидкості обертового вала електричного двигуна:

$n_{1.\ min} = U_{пр.\ min}\ n = 10 \bullet 176{,}9 = 1769$ об/хв.

$n_{1.\ max} = U_{пр.\ max}\ n = 31{,}5 \bullet 176{,}9 = 5572$ об/хв

Розрахункова потужність електродвигуна з урахуванням режиму навантаження:

$$P_{тр} = \sqrt{\frac{P_{1T}^2 \cdot t_1 + P_{2T}^2 \cdot t_2 + P_{3T}^2 \cdot t_3 + P_{4T}^2 \cdot t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}, \quad (3.4)$$

Де:

$$P_{4T} = K_4 \bullet P_T = 5649,1 \bullet 0,8 = 4519,3 \text{ Вт},$$

$$P_{2T} = K_2 \bullet P_T = 5649,1 \bullet 1 = 5649,1 \text{ Вт},$$

$$P_{1T} = K_1 \bullet P_T = 5649,1 \bullet 1,5 = 8473,6 \text{ Вт},$$

$$P_{3T} = K_3 \bullet P_T = 5649,1 \bullet 0,7 = 3954,4 \text{ Вт},$$

$$P_{тр.} = \sqrt{\frac{718019 + 12764932,3 + 7818639,7 + 1838166,5}{1}} = 4810,4 \approx 4,8 \text{ кВт.}$$

На основі розрахункової потужності здійснено вибір електродвигуна [10, 11] з номінальною потужністю 5.5 кВт та частотою обертання 2880 об/хв.

Далі визначається загальне передатне відношення привода для обраного електродвигуна, з подальшим розподілом на окремі ступені (характеристики електродвигуна: модель 4A100L2, номінальна частота обертання n = 2880 об/хв):

1) визначення загального передатного відношення привода:

$$U_{пр.} = n_1 / n_4 = 2880 / 176,9 = 16,3 \quad (3.5)$$

2) прийняте передатне відношення редуктора (Up) складає 16.

3) передавальне співвідношення вихідного вала:

$$U_{рем.} = U_{пр.} / U_I = 16,3/16 = 1,02 \quad (3.6)$$

Обчислюємо обертову та кутову швидкість валів при n_1=2880 об/хв:

$$w_1 = \pi \bullet n/30 = 3,14 \bullet 2880/30 = 301,4 \text{ рад/с.} \quad (3.7)$$

$$n_2 = n_1 / U_{ред} = 2880/16 = 180 \text{ об/хв.} \quad (3.8)$$

$$w_2 = w_1 / U_{ред} = 301,4/16 = 18,8 \text{ рад/з;} \quad (3.9)$$

$$n_4 = n_2 / U_{вал} = 180/1.02 = 176,91 \text{об/хв;} \quad (3.10)$$

$$w_4 = w_2 / U_{вал} = 18,8/1.02 = 18,43 \text{рад/с} \quad (3.11)$$

Розрахунок потужності виконується для кожного вала приводу [10]:

$$P_1 = 5649,1 \text{ Вт;}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_I = 5649{,}1 \cdot 0.95 = 5366{,}6 \text{ Вт}; \quad (3.12)$$

$$P_4 = P_1 \cdot \eta_I \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 5649{,}1 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}97 = 5049 \text{ Вт}; \quad (3.13)$$

Наступним кроком є розрахунок крутних моментів, що діють на валах приводного механізму. Ці значення розраховуються на основі відповідних значень потужності та кутових швидкостей обертання валів:

$$T_1 = P_1/w_1 = 5649.1/\ 301{,}4 = 18{,}74 \text{ Н м}; \quad (3.14)$$

$$T_2 = P_2/w_2 = 5366.6/18{,}8 = 285{,}4 \text{ Н м}; \quad (3.15)$$

$$T_4 = P_4/w_4 = 5049/\ 18{,}43 = 273{,}9 \text{ Н м}; \quad (3.16)$$

Крутний момент, що безпосередньо передається на виконавчий елемент – барабан – зазнає зменшення через втрати в з'єднувальній муфті. Його кінцеве значення становить:

$$T_4 = T_4 \cdot \eta_M = 273{,}9 \cdot 0{,}99 = 271{,}2 \text{ Н•м}. \quad (3.18)$$

Таблиця 3.1

Зведені результати кінематичних та динамічних розрахунків приводної системи

Вимірюваний параметр	Четвертий вал	Перший вал	Другий вал
T, Нм	273,9	18,74	285,4
P, Вт	5049	5649,1	5366,6
n, хв$^{-1}$	176,91	2880	180
w, рад/с	18,43	301,4	18,8

Оптимальна експлуатаційна швидкість пересування сівалкового обладнання рекомендується в діапазоні від 8 до 12 км/год, що відповідає 133,3 – 200 м/хв. При цьому усереднене значення швидкості складає 166,65 м/хв..

З огляду на вищезазначені показники, середня частота обертання робочого барабана буде визначатися як:

$$n_{,} = \frac{V_{ср}}{d_б \cdot \pi} = \frac{166.65}{0{,}32 \cdot 3{,}14} = 176{,}91 \text{ об/хв}, \quad (3.19)$$

Де $V_{ср}$ - відповідає середній швидкості обертання барабана;

$d_б$ – діаметр барабана.

Отже, повне передаточне число стенда визначається як:

$$i_0 = i_p \cdot i_{к.п} = \frac{n_{дв}}{n_б} = \frac{2880}{176{,}91} = 16 \quad (3.20)$$

Розрахунок вихідної потужності барабана:

$$N_б = N_{дв} \cdot \eta_р \cdot \eta_{к.п.} \cdot \eta_{ст} = 5{,}5 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}99 = 5{,}017 \text{ кВт}, \quad (3.21)$$

Де $N_{дв}$- номінальна потужність електродвигуна.

Подальший розрахунок передбачає визначення обертального моменту на валу:

$$T = \frac{N_б}{\omega} = \frac{30 \cdot N_б}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 5.017}{3{,}14 \cdot 176{,}91} = 270{,}95 \text{ Н•м}. \quad (3.22)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \quad (3.23)$$

Тангенціальна сила:

$$F_t = \frac{T}{R_б} = \frac{270{,}95}{0{,}15} = 1{,}8 \text{ кН}. \quad (3.24)$$

Радіальна сила значається як добуток тангенціальної сили та коефіцієнта радіального навантаження:

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot K_r = 1800 \cdot 0{,}364 = 655{,}43 \text{ Н}. \quad (3.25)$$

З метою подальшого аналізу розробляються розрахункові схеми валу, які дають можливість визначити діючі зусилля у вертикальній та горизонтальній площинах.

Зв'язки заміщуються їхніми реакціями, після чого визначаються опорні реакції у вертикальній площині:

$$\sum F_C = -Y_A \cdot (a + в) + F_{r1} \cdot в$$

$$Y_a = Fr1 * в / a + в = 665{,}43 * 1{,}325 / 1{,}325 + 1{,}325 = 327{,}7$$

$$\sum F_A = Y_C \cdot (a + в) - F_{r1} \cdot a \text{ Н}. \quad (3.26)$$

$$Y_c = Fr1 * a / a + в = 655{,}43 * 1{,}325 / 2650 = 327{,}7 \text{ Н}. \quad (3.27)$$

Після успішного обчислення опорних реакцій, переходимо до калькуляції внутрішніх згинальних моментів у ключових точках конструкції, також у вертикальній площині:

$$M_A = 0;\ M_B = Y_a \text{•} a = 327{,}7 \text{•} 1{,}325 = 507{,}9 \text{ Н•м} \quad (3.28)$$

$$M_c = Y_a \text{•} (a + в) - F_{г1} \text{•} в = 327{,}7 \text{•} 1{,}325 + 1{,}325 - 655{,}43 \text{•} 1{,}325 = 0 \quad (3.29)$$

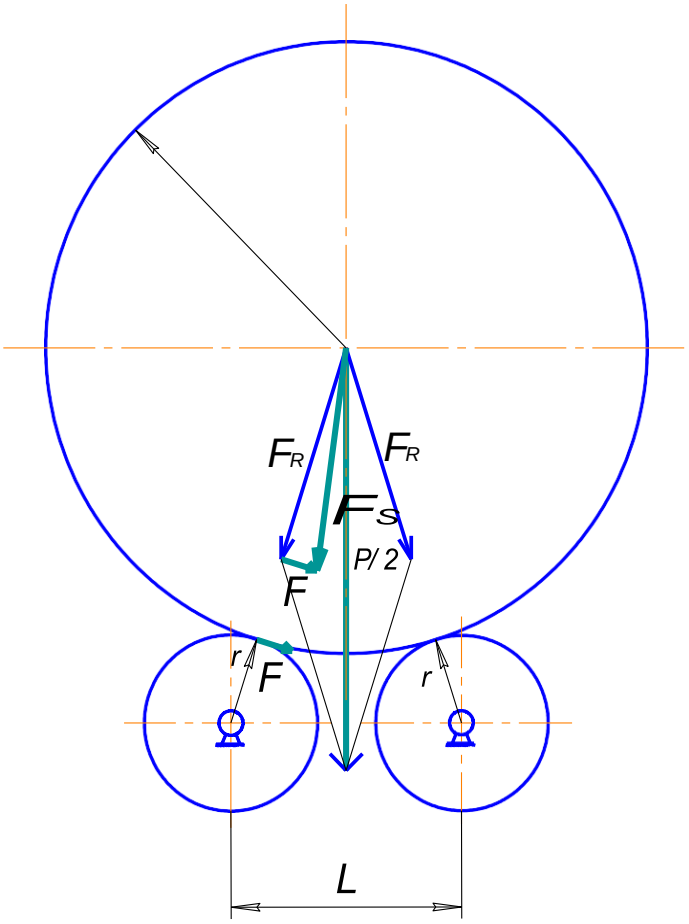


Рис. 3.2. Розрахункова схема сил, що діють на привідний барабан (коток) стенду

На рисунку 3.2 наведена розрахункова схема, що відображає розподіл навантажень у вузлах стенду під час процесу обкатування. Основними геометричними чинниками, що впливають на величину зусиль, є радіус колеса сівалки R, радіус привідного котка r та конструктивна відстань між осями котків L. Навантаження на робочі органи стенду формується під дією ваги сівалки, що передається через колесо як зосереджена сила P/2. Під час роботи електродвигуна на поверхні барабана виникає окружне зусилля F, необхідне для подолання опору обертання висівних апаратів. У точках дотику колеса з котками виникають радіальні зусилля FR1 та FR2, які сприймаються підшипниковими вузлами та валом привода. Сумарний вплив усіх силових факторів визначає результуюче зусилля F∑, яке є базовим значенням для подальшої перевірки конструкції рами на міцність та підбору підшипників кочення. Графічне відображення розподілу згинальних моментів у вертикальній площині (рис. 3.3).

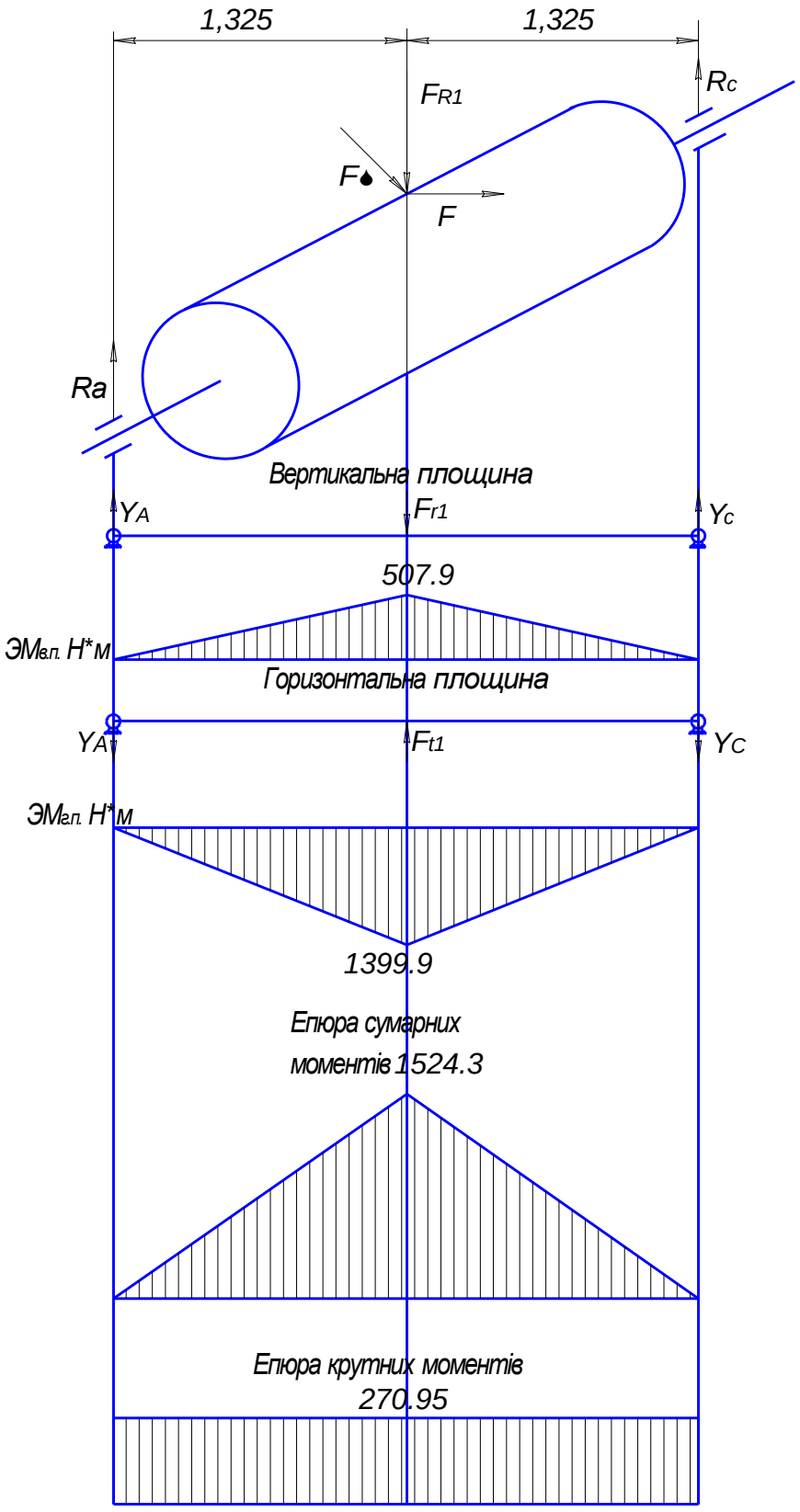


Рис. 3.3. Розрахункова схема епюри згинальних і крутних моментів

Здійснюється побудова епюри згинальних моментів у вертикальній площині, що відображено на рис. 3.3. Надалі, для визначення опорних реакцій у горизонтальній площині, виконується вивільнення системи від зв'язків:

$$\sum F_C = Y_C \cdot (a + в) - F_{t1} \cdot a$$

$$Y_a = -Fr1 * a/ a + в = -1800*1,325/ 1,325 +1,325= - 903,15$$

$$\sum F_A = Y_C \cdot (a + в) - F_{t1} \cdot в\ H. \quad (3.30)$$

$$Y_a = -Fr1 * в/ a + в = -1800*1,325/ 2650= - 903,15Н. \quad (3.30)$$

Здійснюємо розрахунок моментів у горизонтальній площині:

$$M_A=0;\ M_B=Y_a•a = - 903,15•1,325=1399,9\ Н•м \quad (3.31)$$

$$M_C=-Y_a•(a+в)+F_{t1}•в=-903,15•2,65+1800•1,325=0 \quad (3.32)$$

Далі виконується побудова епюри згинальних моментів у горизонтальній площині, що представлена на Рисунку 3.3. Після цього здійснюється визначення сумарних згинальних моментів, значення яких встановлюються як:

$$M_A^{сум}=0$$

$$M_B^{сум}=\sqrt{507,9^2+1399,9^2}\ =1500\ Н•$$

$$M_C^{сум}=0$$

На підставі отриманих даних формується епюра сумарних моментів (див. рис. 3.3). Ідентифіковано, що критичним (найбільш навантаженим) перерізом є переріз В.

Величина крутного моменту, що діє на ділянці вала АС T_{AC}=270,95Н•м.

Виконуємо обчислення еквівалентного моменту у критичному перерізі згідно з третьою теорією міцності (теорією найбільших дотичних напружень):

$$M_{экв} = \sqrt{M_{сум}^2 + T^2} = \sqrt{1500^2 + 270,95^2} = 1524,3\ Н•м. \quad (3.33)$$

На завершальному етапі здійснюється визначення необхідного діаметра вала в критичному перерізі, використовуючи довідкові дані [12]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{экв}}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1524,3}{3,14 \cdot 60}} = 64\ мм.$$

Критичний переріз вала, розташований у центральній ділянці компонента, що призначений для кріплення колеса посівної машини, необхідно уніфікувати до стандартизованого значення, кратного п'яти.

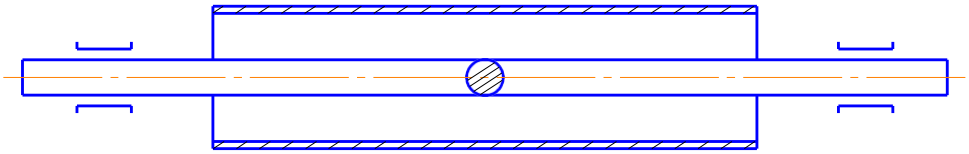


Рис. 3.4. Схематичне зображення вала у зоні його критичного січення

Приймаємо $d_п$ = 65мм.

$$d \geq d_n + 10 = 75 \text{ мм.} \quad (3.34)$$

Вибір з'єднувальної муфти, що сполучає електродвигун та редуктор, здійснюється на підставі аналізу крутного моменту на вихідному валу При цьому враховується коефіцієнт запасу міцності $К_р$, діапазон значень якого становить від 1,5 до 2,0. Номінальний обертовий момент ($Т_{ном}$) приймається рівним 18,74 Н·м.:

$$Т_р = К_р \cdot Т_{ном} = 1{,}5 \cdot 18{,}74 = 28{,}11 \text{ Н•м,} \quad (3.35)$$

Де $К_р$ - розрахунковий коефіцієнт, що відображає вплив динамічних навантажень під час функціонування системи.

$Т_{ном}$ – номінальний обертовий момент, який передається ведучим валом.

Проводиться контрольний розрахунок для валового елемента із заданим діаметром. Величина моменту опору [12, 13]:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3{,}14 \cdot 65^3}{32} = 26947{,}5 \text{ мм}^3. \quad (3.36)$$

Для оцінки опору елемента крученню застосовується показник полярного моменту опору. Його числове значення обчислюється за наведеною формулою [12, 13]:

$$W_{кр} = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{3{,}14 \cdot 65^3}{16} = 53895{,}1 \text{ мм}^3. \quad (3.37)$$

Далі проводиться визначення амплітудних та середніх величин циклів нормальних (σ) і дотичних (τ) напружень:

$$\sigma_{кр} = \frac{M_u}{W} = \frac{150000}{26947{,}5} = 5.6 \text{ МПа} \quad (3.38)$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{T}{W_{кр}} = \frac{270950}{53895{,}1} = 5 \text{ МПа.} \quad (3.39)$$

Вибір муфти, призначеної для передачі обертання від редуктора до ведучого ролика (барабана), здійснюється з урахуванням крутного моменту на вихідному валу редуктора. При цьому передбачається коефіцієнт запасу $К_р$ у діапазоні 1,5 – 2,0, а номінальне значення крутного моменту Тном дорівнює 273.9 Н•м.

$$Т_р=К_р•Т_{ном}=1.5•273,9=410,85\ Н•м, \quad (3.40)$$

Де $К_р$ - розрахунковий коефіцієнт, що враховує динамічні навантаження, які виникають в умовах експлуатації.

$Т_{ном}$ – номінальний обертальний момент, що передається провідним валом. Остаточний вибір зупинено на пружній втулково-пальцевій муфті, що відповідає стандарту ГОСТ 20884-93 [10].

Для вала двигуна, який з'єднується з муфтою, здійснюється вибір призматичної шпонки відповідно до ДСТУ 23360-78. Для вала діаметром d=28 мм прийняті такі розміри: ширина b=8 мм, висота h=7 мм, глибина паза t_1=4 мм [10,14].

Була встановлена загальна довжина шпонки I=70 мм. Відповідно, ефективна (робоча) довжина шпонки $I_р$ становить I-b = 70-8 = 62 мм.

Перехід до розрахунку напружень на зминання:

$$\sigma_{см} = 2T/d(h-t_1)I_р<=[\sigma]_{див} =90\ Н/мм^2 \quad (3.41)$$

$$\sigma_{см} =2•18,74•10^3/28(7-4)62=7,2\ Н/мм^2 <=[\sigma]_{см.} \quad (3.42)$$

Умова міцності дотримується.

З метою забезпечення надійного сполучення муфти зі швидкохідним валом редуктора, було обрано призматичну шпонку, що відповідає стандарту ДСТУ 23360-78. Її геометричні параметри, визначені для вала діаметром d=20 мм, включають ширину b=6 мм, висоту h=6 мм та глибину паза t_1=3.5 мм, згідно з посиланням [14]. Загальна довжина шпонки була встановлена на рівні I=14 мм. Відповідно, ефективна (робоча) довжина шпонки, що визначається як $I_р$ = I - b, становить 14 - 6 = 8 мм. Надалі буде проведено розрахунок напруження зминання:

$$\sigma_{см} = 2T/d(h-t_1)I_р<=[\sigma]_{див} =150\ Н/мм^2 \quad (3.43)$$

$$\sigma_{см} = 2 \cdot 18{,}74 \cdot 10^3 / 20(6-3{,}5)8 = 93{,}7 \text{ Н/мм}^2 <= [\sigma]_{см.} \quad (3.44)$$

Для тихохідного передавального вала редуктора, що сполучений з муфтою, було здійснено вибір призматичної шпонки. Її параметри були визначені відповідно до державного стандарту ДСТ 23360-78 для вала діаметром d=35 мм: ширина b=10 мм, висота h=8 мм та глибина посадки t_1=5 мм [13].

Довжина шпонки встановлена на рівні I=60 мм. Ефективна робоча довжина шпонки $I_р$, що враховується у розрахунках, становить I - b = 60 мм - 10 мм = 50 мм.

Визначення напружень зминання ($\sigma_{зм}$) здійснюється за формулою:

$$\sigma_{см} = 2T/d(h-t_1)I_р <= [\sigma]_{див} = 150 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.45)$$

Після підстановки конкретних значень отримуємо:

$$\sigma_{см} = 2 \cdot 273{,}9 \cdot 10^3 / 35(8-5)50 = 104{,}3 \text{ Н/мм}^2 <= [\sigma]_{см.} \quad (3.45)$$

Отримане значення напруження зминання (104,3 Н/мм²) є меншим за допустиме ([σ]доп = 150 Н/мм²), що підтверджує дотримання умови міцності для даного елемента.

Для забезпечення надійного та ефективного передавання крутного моменту між приводним валом та з'єднувальною муфтою, яка є інтегральною частиною редукторного механізму, було здійснено вибір відповідного кріпильного елемента. Зокрема, було обрано призматичну шпонку.

Було обрано призматичну шпонку відповідно до державного стандарту ДСТ 23360-78. Параметри обраної шпонки відповідають діаметру валу d=55 мм і характеризуються наступними розмірами: ширина b=18 мм, висота h=11 мм, та глибина пазу на валу t_1=7 мм [13].

Прийнята номінальна довжина шпонки становить I=60 мм. На підставі цього, ефективна робоча довжина шпонки $I_р$ визначається як I-b = 60-18 = 42мм.

Для оцінки надійності з'єднання було виконано розрахунок напруження зминання. Відповідно до інженерної методики, розрахункове напруження зминання обчислюється за формулою:

$$\sigma_{см} = 2T/d(h-t_1)I_р <= [\sigma]_{див} = 90 \text{ Н/мм}^2 \quad (3.46)$$

Після підстановки відповідних числових значень:

$$\sigma_{см} = 2 \cdot 273.9 \cdot 10^3 / 65(11-7)42 = 50.2 \text{ Н/мм}^2 <= [\sigma]_{см.} \quad (3.47)$$

Оскільки отримане розрахункове напруження (50.2 Н/мм^2) не перевищує допустимого, умова міцності за критерієм зминання вважається виконаною.

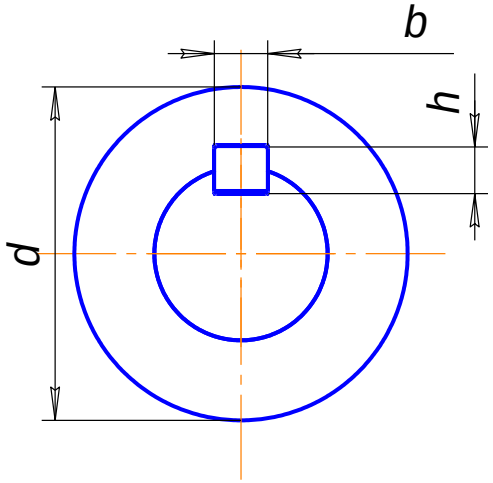


Рис. 3.5.Розрахунок підшипникових вузлів

Для подальшого інженерного розрахунку здійснюється попередній вибір підшипника. Було обрано дворядний сферичний радіальний кульковий підшипник, що відповідає стандарту ГОСТ 5720-75 [13].

Його ідентифікаційний номер – 1313, з наступними основними геометричними параметрами: внутрішній діаметр (d) 65 мм, зовнішній діаметр (D) 140 мм та ширина (B) 33 мм. Базова динамічна вантажопідйомність (Cr) даного підшипника становить 61800 Н.

Для подальшого аналізу проводиться визначення еквівалентного динамічного навантаження, що діє на підшипник.

Розрахунок еквівалентного навантаження (Рек1) здійснюється за наступною емпіричною формулою:

$$P_{эк1} = (V \cdot X_1 \cdot Y_a) K_Б \cdot K_T = (1 \cdot 1 \cdot 327.7) 1,4 \cdot 1 = 458.8 \text{ Н}, \quad (3.48)$$

Де V-V- коефіцієнт обертання, що враховує рух внутрішнього кільця підшипника;

$К_б$ - коефіцієнт, що враховує характер динамічного навантаження,

згідно з [13];

X-X- радіальний коефіцієнт, прийнятий рівним одиниці;

$К_т$ - температурний коефіцієнт, який застосовується при температурних умовах, що не перевищують 100°С, відповідно до [13].

Виконується аналіз стійкості підшипника до зношування:

$$L_h = a_1 \cdot a_{23} \left(\frac{C_r}{P_{эк}} \right)^k \frac{10^6}{60 \cdot n} \geq [L_h], \quad (3.49)$$

$$L_h = a_1 \cdot a_{23} \left(\frac{C_r}{P_{эк}} \right)^k \frac{10^6}{60 \cdot n} = 1 \cdot 0.7 \left(\frac{61800}{458.8} \right)^3 \frac{10^6}{60 \cdot 176.91} = 7270215 \text{ г.} \quad (3.50)$$

Де $С_г$ – позначає базову динамічну вантажопідйомність;

$a_1 = 1$- корегуючий коефіцієнт надійності, встановлений для 90-відсоткової імовірності безвідмовної експлуатації системи чи компонента [13];

$a_{23} = 0.7$ - коригуючий коефіцієнт, призначений для обліку ресурсного потенціалу об'єкта [13];

$Р_{эк}$ – відображає еквівалентне динамічне навантаження, що діє на елемент.

3.3. Висновки за розділом

Впровадження запропонованого контрольно-випробувального стенду для обкатування сівалок дозволить суттєво підвищити якість ремонтних робіт та забезпечити високу точність передпосівного налаштування висівних апаратів. Технічні можливості пристрою дають змогу вчасно виявити приховані недоліки та дефекти складання, які могли виникнути під час ремонту, що виключає необхідність проведення додаткових регулювань безпосередньо в полі. Окрім цього, проведення стендових випробувань під навантаженням допомагає уникнути раптових експлуатаційних відмов у період припрацювання

деталей, що гарантує безперебійну роботу посівного агрегату протягом усього агротехнічного терміну. Використання механізованого привода замість ручного налаштування не лише скорочує трудовитрати персоналу, а й забезпечує стабільність дозування насіння та добрив, що є фундаментом для отримання запланованої врожайності зернових культур.

РОЗДІЛ 4
ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Дослідження поточного стану охорони праці виробничому об'єкті

Функціонування системи управління охороною праці в проектному господарстві забезпечується спеціалізованою службою, головним завданням якої є впровадження комплексних планів для поліпшення виробничого середовища та гарантування безпечних умов життєдіяльності персоналу. Організаційна відповідальність за реалізацію охоронних заходів розподілена між керівником підприємства та головними спеціалістами за відповідними напрямами діяльності на всіх виробничих дільницях. Для підтримання належного рівня професійної підготовки працівників у господарстві діє чітка система навчання, що включає проведення вступних, первинних, повторних, а також позапланових і цільових інструктажів. Такий підхід дозволяє не лише забезпечити відповідність законодавчим нормам, а й мінімізувати ризики травматизму під час виконання польових та ремонтних робіт.

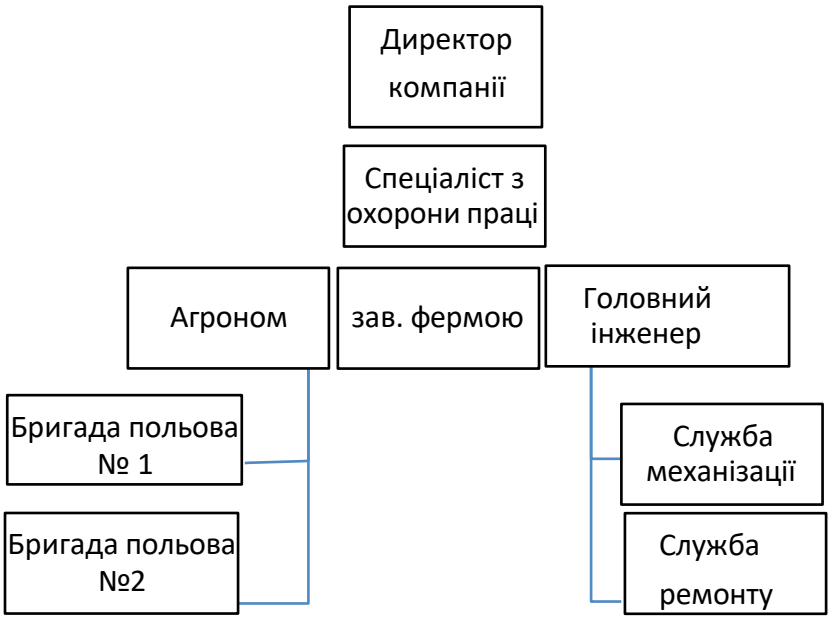


Рис. 4.1. Система взаємодії служби охорони праці з виробничими підрозділами

Функціонування служби охорони праці забезпечується фахівцем з відповідною вищою освітою та чотирирічним практичним досвідом. До основних обов'язків інженера з охорони праці належить розробка та впровадження профілактичних заходів, підготовка посадових інструкцій, а також формування комплексних планів з безпеки виробництва. Керівництво підрозділу, у свою чергу, відповідає за технічний стан обладнання, оснащення його необхідними захисними пристроями та безпосередній контроль за дотриманням працівниками встановлених правил безпеки. Для підвищення кваліфікації персоналу в господарстві функціонує спеціалізований кабінет охорони праці, де проводяться навчання, розбір порушень та ознайомлення з нормативною базою.

Соціальні гарантії та взаємні обов'язки між адміністрацією і трудовим колективом щороку закріплюються у колективному договорі. Цей документ регулює питання підвищення ефективності виробництва, розподілу прибутків та задоволення культурно-побутових і спортивних потреб працівників. Санітарно-гігієнічні умови на підприємстві підтримуються на задовільному рівні: робочі зони та їдальня забезпечені централізованим водопостачанням, приміщення обладнані системами вентиляції, а в зоні приготування їжі встановлено кондиціонування повітря. Згідно з галузевими нормами, господарство надає персонал спеціальним одягом та засобами індивідуального захисту, зокрема респіраторами, гумовими рукавичками та фартухами для роботи з добривами та хімічними розчинами.

Поряд із позитивними аспектами, проведений аналіз виявив ряд суттєвих недоліків у системі промислової безпеки підприємства. Зокрема, спостерігаються випадки ігнорування працівниками засобів індивідуального захисту під час внесення добрив, а навчальна база кабінету охорони праці потребує оновлення наочних і методичних матеріалів. У виробничих відділеннях інструктажі часто мають формальний характер через відсутність локальних підрозділів служби безпеки. Також виявлено порушення у системі протипожежного захисту, де більшість вогнегасників потребують перезарядки.

Технічний стан ремонтних майстерень, особливо зварювального цеху, характеризується недостатньою вентиляцією, а освітлення робочих місць є незадовільним через несвоєчасну заміну перегорілих ламп, що потребує негайного усунення для запобігання виробничому травматизму.

4.2. Забезпечення безпечних умов праці при експлуатації стенду

Ознайомлення з будовою сівалки Elworthy ASTRA 5.4 PREMIUM та її технологічне налаштування на стенді повинно виконуватися у суворій послідовності з дотриманням інструкцій. Найбільшу небезпеку під час експлуатації установки становлять рухомі частини, що обертаються, та ризик ураження електричним струмом. Під час роботи стороннім особам категорично забороняється перебувати поблизу рами стенду. У разі виникнення будь-якої аварійної ситуації, що може призвести до травмування, оператор зобов’язаний негайно припинити роботу та повідомити відповідального інженера або керівника майстерні. За недотримання правил техніки безпеки персонал несе дисциплінарну відповідальність, а у випадках, що призвели до тяжких наслідків, — кримінальну згідно з чинним законодавством.

Перед початком робіт необхідно перевірити умови освітлення та ефективність вентиляції у робочій зоні. Слід візуально переконатися у справності огороджень стенду, відсутності сторонніх предметів на платформі та перевірити надійність заземлення металоконструкцій і стан ізоляції кабелів. Оператор повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту, перевірити наявність аптечки та справність вогнегасника. Робота дозволяється лише у спеціальному одязі зі щільно застебнутими рукавами без звисаючих елементів. Усі необхідні інструменти мають бути заздалегідь підготовлені та впорядковані на робочому місці.

Під час встановлення сівалки на стенд транспортний засіб повинен рухатися заднім ходом на мінімальній швидкості при вимкненому

електродвигуні стенду. Після позиціонування коліс на барабанах агрегат слід надійно зафіксувати від мимовільного зміщення. Під час функціонування стенду забороняється працювати без захисних кожухів, проводити чищення вузлів, регулювати робочу довжину котушок або змінювати швидкість обертання при працюючому двигуні. Будь-які маніпуляції з висівними апаратами дозволяються лише після повної зупинки привода. В аварійних ситуаціях, таких як пожежа, отримання механічної травми або ураження струмом, необхідно негайно знеструмити установку. У разі ураження електричним струмом потерпілого слід негайно звільнити від дії напруги за допомогою діелектричних засобів та розпочати надання першої допомоги до приїзду медичних працівників.

Після завершення обкатування та калібрування необхідно вимкнути електродвигун, від’єднати сівалку від привода та відвести її зі стенду. Робоча зона повинна бути очищена від залишків насіння та мастильних матеріалів, а інструменти прибрані у місця зберігання. Про всі виявлені під час роботи несправності обладнання слід доповісти керівнику майстерні для їх подальшого усунення. Після закінчення зміни працівник має зняти спецодяг, помістити його у шафу для зберігання та дотриматися заходів особистої гігієни.

4.3. Висновки за розділом

В цілому, стан безпеки праці на господарстві оцінюється як задовільний. Регулярно організовуються освітні заходи та брифінги, інформація про які належним чином документується в облікових журналах. Для забезпечення належних умов безпеки праці здійснюється фінансування, однак наявних ресурсів наразі недостатньо. Необхідно вдосконалити матеріально-технічну базу для ремонту, облаштувати інформаційно-методичний осередок з охорони праці, укомплектувавши нормативно-правовою документацією. У виробничих підрозділах запровадити систему візуальної інформації з питань безпеки праці.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ І ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

У даному розділі проведено систематизацію вихідних даних, необхідних для визначення економічної доцільності впровадження розробленого стенду та модернізації відповідної дільниці. Для повноцінного функціонування контрольно-випробувального поста передбачено придбання спеціалізованого ремонтно-технічного обладнання, монтаж систем примусової вентиляції та водовідведення, а також встановлення засобів для збору та утилізації виробничих відходів. Загальний обсяг капітальних інвестицій на реалізацію цих заходів оцінюється у 1250000 грн. Ці кошти спрямовані на створення безпечного та енергоефективного робочого середовища, що в подальшому дозволить знизити собівартість обслуговування сільськогосподарської техніки. Основні параметри, що ляжуть в основу подальших розрахунків чистого дисконтованого доходу та терміну окупності, наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Вихідні параметри оцінки економічної доцільності проєкту

Од. виміру	Умовне позначення параметру	Параметр	Числовий вираз параметру
грн.	$Ц_{ум.рем}$	Прейскурантна вартість однієї умовної ремонтної одиниці	57300,00
грн.	$ЗП_{ср}$	Середньомісячна заробітна плата	15000,00
грн.	$Б_{пр}$	Витрати на придбання обладнання (капітальні вкладення)	1250000,00
грн.	$Ц_{ел}$	Вартість одиниці електроенергії	1,99
кВт/год.	$Q_{ел}$	Річне споживання електроенергії	45023
осіб	$К_{пр}$	Чисельність робітників майстерні	6
ум. рем.	Q	Річний обсяг робіт	41,9

Для оцінки економічної ефективності [15] визначають: сукупні витрати на ремонтні роботи, що були здійснені у виробничому підрозділі , у грн.:

$$В_{пр} = Q \cdot Ц_{1ум.рем} \quad (5.1)$$

$$В_{пр} = 41,9 \cdot 57300,00 = 2400870,00 грн.$$

Визначення вартості однієї умовної ремонтної одиниці. Вартість однієї стандартної ремонтної одиниці встановлена. Одна умовна одиниця ремонту еквівалентна 300 нормо-годинам. Ця вартість розрахована на основі аналізу даних, отриманих від аналогічних сервісних центрів.

Сукупні витрати розраховуються як сума таких компонентів: заробітна плата без нарахувань, амортизаційні відрахування, вартість електроенергії, витрати на ремонт та інші витрати. Це виражено формулою (5.2):

$$ЕВ = ЗП + А + В_{ел} + В_{рем} + ІВ, \quad (5.2)$$

$$ЗП^{н} = ЗП + Н, \quad (5.3)$$

Де ЗП – сума грошової винагороди за працю без урахування додаткових нарахувань, грн.;

$$ЗП = ЗП_{ср} \cdot К_{пр} \cdot 12 \cdot 1,37, \quad (5.4)$$

$$ЗП = 15000,0 \cdot 6 \cdot 12 \cdot 1,37 = 1479600,00 грн,$$

А-сума зносу основних засобів, що поступово переноситься на вартість продукції або послуг, грн.

$$А = \frac{Б \cdot \lambda}{100}, \quad (5.6)$$

λ – річна норма амортизації, %;

$$А = \frac{1250000,00 \cdot 21,93}{100} = 274125,00 грн.$$

$В_{ел}$ - витрати на спожиту електричну енергію, грн.

Вартість електроенергії визначається за формулою (5.7):

$$В_{ел} = Q_{ел} \cdot Ц_{ел}, \quad (5.7)$$

$$В_{ел} = 45023 \cdot 1,99 = 89595,00 грн;$$

$В_{рем}$ – фінансове асигнування, на забезпечення поточного відновлення та технічного обслуговування активів. Зазвичай, та відповідно до методологічних рекомендацій [15], їх обсяг становить 30% від суми амортизаційних відрахувань, виражених у грн:

$$_{рем} = \qquad B$$

$$\frac{A \cdot 30}{100}, \quad (5.8)$$

$$B_{рем} = \frac{274125{,}00 \cdot 30}{100} = 82237{,}00\,грн.$$

Категорія (ІВ) визначається як 3% від загального обсягу експлуатаційних витрат, виражених у грошовому еквіваленті. Розрахунок цієї величини здійснюється за наступним виразом:

$$IB = \frac{\left(ЗП + A + B_{ел} + B_{рем}\right) \cdot 3}{100}, \quad (5.9)$$

Згідно з проведеними розрахунками, базуючись на вказаних вихідних даних, сума інших витрат становить:

$$IB = \frac{\left(1479600{,}00 + 274125{,}00 + 89595{,}77 + 82237{,}50\right) \cdot 3}{100} = 57766{,}75\,грн.$$

Відповідно, загальні експлуатаційні витрати (ЕВ) є сумою всіх перелічених компонентів, включаючи розраховані інші витрати, і складають:

$$EB = 1479600{,}00 + 274125{,}00 + 89595{,}77 + 82237{,}50 + 57766{,}75 = 1983325{,}02\,грн.$$

Собівартість виконаних ремонтних робіт обчислюється шляхом множення загальних експлуатаційних витрат на коригувальний коефіцієнт:

$$С_р = ЕВ \cdot К, \quad (5.10)$$

Де К- коефіцієнт, призначений для врахування накладних витрат, який встановлено на рівні 10%.

$$С_р = 1983325{,}02 \cdot 1{,}1 = 2022991{,}5 \text{ грн};$$

Валовий прибуток, який відображає сукупний фінансовий результат від операційної діяльності, визначається за наступною формулою (5.11):

$$П = В_{пр} – С_р, \quad (5.11)$$

Де $В_{пр}$ – сукупна вартість наданих ремонтних послуг, грн.

$$П = 2400870{,}00 – 2022991{,}5 = 377878{,}48 \text{ грн};$$

Надалі переходимо до визначення показника рівня рентабельності:

$$P = \frac{П \cdot 100}{C_p} = \frac{377878,48 \cdot 100}{2022991,5} = 18,7\%$$

.

Розрахунок терміну окупності капіталовкладень, років:

$$T_o = \frac{Б}{П} = \frac{1249045,0}{377878,48} = 3,31 роки \quad , \qquad (5.12)$$

За результатами здійснених обчислень було підтверджено, що для реалізації даного проекту необхідні інвестиційні витрати у розмірі 1 249 045,0 грн., період повернення яких становитиме 3,31 року. Водночас, показник рентабельності досягатиме 18 %. Отже, розглядуваний проект визнається економічно обґрунтованим.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз виробничої діяльності підтвердив достатність парку техніки для польових робіт, проте виявив суттєві системні недоліки в організації її технічного обслуговування. На сьогодні ремонт сільськогосподарських знарядь у господарстві характеризується низьким технологічним рівнем і зводиться переважно до дорогої заміни зношених вузлів новими агрегатами. Додатковим негативним фактором є відсутність обладнаних закритих постів: виконання робіт на відкритих майданчиках унеможливлює дотримання технологій у зимовий період та створює надважкі умови праці під час літньої спеки.

Економічні розрахунки на прикладі капітального ремонту сівалки Elworthy ASTRA 5.4 PREMIUM свідчать, що виконання робіт власними силами за належної технічної оснащеності дозволяє досягти економії в межах 5000–9000 грн на кожній одиниці техніки. Важливо зазначити, що ринковий аналіз виявив відсутність спеціалізованих підприємств із відновлення та ремонту складних сільськогосподарських машин у межах району. Це створює гостру потребу в локальному сервісному центрі, здатному виконувати відновлення вузлів і механізмів. Таким чином, впровадження розробленого контрольно-випробувального стенду та модернізація ремонтної дільниці не лише знизять витрати, а й відкриють перспективну нішу для надання послуг агровиробникам.

У ході проектування було визначено обсяги робіт для ремонтної майстерні господарства. Окремо розроблено прогресивну технологію ремонту сільськогосподарських знарядь, що створює передумови для системної організації відновлення техніки. Запропонований технологічний процес передбачає повний цикл робіт: від розбирально-складальних та відновлювальних операцій до фінального випробування вузлів на обкатувальному стенді.

Розрахунок необхідних виробничих площ показав, що для повноцінного функціонування майстерні з урахуванням побутових приміщень необхідно 883

м², що перевищує можливості існуючої бази, задіяної під обслуговування тракторного парку. У зв’язку з цим спроектовано окрему спеціалізовану дільницю площею 72 м² (6 х 12 м). Ключовим елементом дільниці став розроблений стенд для обкатування сівалок, конструкція якого підтверджена міцнісними розрахунками та доповнена чіткими вимогами щодо безпечної експлуатації та заходами з охорони праці.

Економічна оцінка проекту підтвердила його високу ефективність. При загальному обсязі капітальних інвестицій у розмірі 1249045 грн, термін окупності становить 3,31 року. Рівень рентабельності модернізованої дільниці досягає 18 %, що свідчить про фінансову стабільність та доцільність впровадження розроблених технічних рішень у виробничий процес підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хлудєєв Б.С. Шляхи оптимізації роботи дилерсько-сервісних центрів техніки John Deere / Б.С. Хлудєєв, Є.В. Калганков // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу: Матеріали Міжнародної науково - практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково - навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2019. – С. 180–185.

2. Черній О. Дослідження безвідказності тракторів John Deere серії 8R в експлуатаційних умовах України. *Теоретичні та практичні питання аграрної науки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. 2022. С. 117–120.

3. Черній О. Деякі проблеми технічної надійностісільськогосподарських тракторів JOHN DEERE. *The 7 th International scientific and practical conference "Innovations and prospects of world science"(March 2-4, 2022) Perfect Publishing, Vancouver, Canada*. 2022. С. 13–19.

4. с. Миколаївка Новомосковський район [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki.

5. Калганков, Є.В. Обґрунтування інформативних діагностичних параметрів технічного стану об'ємного гідроприводу трансмісії ГСТ-90 / Є.В. Калганков // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2009. – No 2. – С. 71-74

6. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцов П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.

7. Мельянцов П.Т. Методичні рекомендації «Організація та технологія ремонту МТП в умовах сільськогосподарського підприємства» / Мєльянцов П.Т., Калганков Є.В., Кириленко О.І. – Д.: ДДАУ, 2010. – 125 с.

8. Проектування сервісних підприємств ремонту машин та агрегатів АПК: навчальний посібник / [Дирда В.І., Калганков Є.В., Мельянцов П.Т. та інші] – Д.: «Герда», 2014. – 100 с.

9. Бутенко В.Г. Ремонт машин в АПК України: Організація, проектування, оптимізація: навчальний посібник / Бутенко В.Г. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 1997 р., 159 с.

10. Калганков Є.В. Розробка технологічного процесу відновлення деталі [Методичні рекомендації] / Калганков Є.В. – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2013. – 75 с.

11. Калганков Є.В. Прпоектування ремонтно-технологічної документації [Навчальний посібник. Довідкова інформація] / Є.В. Калганков, М.Г. Зайцев. Дніпро. ДДАЕУ, 2016. – 48 с.

12. Сеялка СЗ – 3,6 Устройство и технические характеристики [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://selhoztehnik.com/seyalka-sz-3-6

13. Деталі машин: підручник / [Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков Є.І. та ін.]. – Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. – 308 с.

14. Овчаренко Ю.М. Деталі машин: практикум / Овчаренко Ю.М. – Дніпропетровськ, 2003. – 68 с.

15. Кагадій С.В. Основи механіки матеріалів і конструкцій: навчальний посібник / Кагадій С.В., Демяненко А.Г., Гурідова В.О. – Дніпропетровськ : Вид-во Свідлер А.Л., 2011. – 416 с.

16. Годяєв С. Г. Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах студентів інженерно-технологічноного факультету, ОКР бакалавр за напрям підготовки: 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». / С.Г. Годяєв, Л.Д. Устимович. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 21 с.

17. Економіка ремонтного підприємства: підручник. / [Аветісян В.К., Бантковський В.А., Луценко А.П. та інші] – Харків, ХНТУСГ**,** 2005 – 374 с.

18. Калганков Є.В. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОС "Бакалавр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" і дипломних робіт ОС "Магістр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" / Калганков Є.В. – Д.: ДДАЕУ, 2021. – 36 с.39.

19. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання

20. Кобец А.С. Энергетическая оценка износа антифрикционных материалов / Кобец А.С., Дырда В.И., Калганков Е.В., Цаниди И.Н. // Геотехническая механика. 2012. Вып. 106. С. 78–90.

21. Наноматеріали в механіці де формівного твердого тіла на прикладі гумових футеровок барабанних кульових млинів / В. Дирда та ін. *Геотехнічна механіка*. 2021. № 157. С. 120–129.