

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація вирощування ярого ячменю з удосконаленням
комбайна New Holland CH7.70

Виконав здобувач вищої освіти III курсу,
групи AI-23мб-1.1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Русін Юрій Олександрович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Сергій МОРОЗ

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Іван ВАСИЛЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти Бакалавр

Галузь знань 20 – Аграрні науки та продовольство

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Русіна Юрія Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

Механізація вирощування ярого ячменю з удосконаленням комбайна New Holland CH7.70

2. Керівник роботи (проекту)

Мороз Сергій Миколайович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 20.06.2026 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

Удосконалити технологію вирощування ярого ячменю з удосконаленням комбайна New Holland CH7.70

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1–6	Мороз С.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пояснювальна записка	20.06.2026 р.	
2	Графічна частина	20.06.2026 р.	
3	Перевірка роботи на доброчесність	20.06.2026 р.	
4	Захист роботи	25–30.06.2026	

Дата видачі завдання

«23» березня 2026 р.

Підпис керівника

_____ Сергій МОРОЗ
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«23» березня 2026 р.

Підпис здобувача

_____ Юрій РУСІН
(прізвище та ініціали)

Зміст

	стор.
Вступ.....	7
2. Технологічна частина	9
3. Наукова частина	16
4. Охорона праці	35
Висновки	41
Список використаної літератури	42

ВСТУП

Ярий ячмінь є однією з найважливіших зернових культур України, що займає значне місце в структурі посівних площ. Культура використовується як продовольча, фуражна та технічна сировина – для виробництва солоду, пива, круп, а також як компонент комбікормів для тваринництва. Широке розповсюдження ячменю зумовлено його скоростиглістю, відносною посухостійкістю та здатністю давати задовільні врожаї навіть в несприятливих кліматичних умовах.

Ефективність виробництва ярого ячменю в сучасних умовах значною мірою визначається рівнем механізації технологічних процесів – від підготовки ґрунту до збирання врожаю. Впровадження сучасної сільськогосподарської техніки дозволяє не лише підвищити продуктивність праці, але й суттєво поліпшити якість виконання польових робіт, знизити витрати пального та зменшити втрати зерна при збиранні.

Одним із ключових етапів технологічного процесу вирощування ячменю є збирання врожаю. Втрати зерна при збиранні можуть сягати 10–15% від потенційного врожаю, що суттєво знижує економічну ефективність виробництва. Не менш важливим є якісне подрібнення і рівномірний розподіл соломистої маси по полю – цей процес безпосередньо визначає стан ґрунту під наступну культуру сівозміни. У зв'язку з цим питання вдосконалення конструкції подрібнювача соломи комбайна набуває особливої актуальності.

Комбайн New Holland CH7.70 є сучасною машиною гібридного класу «Crossover», що поєднує тангенціальне та осьове молотіння.

					<i>МВЯЯ 00. 000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Русін</i>						<i>7</i>	<i>44</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Мороз</i>					<i>ЦНТУ, гр. АІ–23мб–1.1</i>		
<i>Н. контр.</i>	<i>Артеменко</i>							
<i>Затв.</i>	<i>Васильковський</i>							

Незважаючи на технологічну досконалість, подрібнювач соломи цієї машини потребує вдосконалення для забезпечення рівномірного розподілу соломистої маси по ширині захвату жниварки.

Метою роботи є аналіз існуючих технологій механізованого вирощування ярого ячменю та розробка пропозицій щодо вдосконалення технології вирощування і конструкції подрібнювача соломистої маси комбайна New Holland CH7.70.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих технологій вирощування ярого ячменю та визначити їх переваги і недоліки стосовно умов Кіровоградської області;
- вивчити конструктивні особливості та технологічні показники комбайна New Holland CH7.70;
- виявити недоліки в роботі подрібнювача соломистої маси при збиранні ячменю;
- запропонувати удосконалення технології вирощування культури та конструкції подрібнювача;
- запропонувати удосконалення конструкції подрібнювача.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Агробіологічні вимоги ярого ячменю та кліматичні умови Кіровоградської області

Ярий ячмінь – культура помірного клімату, що добре адаптована до умов Лісостепу та Степу України. Рослина відносно посухостійка, однак найвищі врожаї формує при рівномірному зволоженні впродовж вегетаційного періоду. Сума активних температур для проходження повного циклу розвитку становить 1400–1700 °С, а тривалість вегетаційного періоду залежно від сорту складає 65–100 днів.

Центральна частина Кіровоградської області знаходиться в зоні нестійкого зволоження Лісостепу та північного Степу. Середньорічна кількість опадів становить 470–520 мм, проте їх розподіл упродовж року вкрай нерівномірний: близько 65% опадів випадає у теплий сезон, нерідко у вигляді злив. ГТК (гідротермічний коефіцієнт) за вегетаційний період ячменю (квітень–липень) складає 0,7–1,0, що відповідає помірно посушливим умовам.

Останніми роками в регіоні спостерігається чіткий тренд кліматичних змін: середня температура квітня підвищилась на 1,2–1,5 °С порівняно з кліматичною нормою 1980–2010 рр., а кількість посушливих днів у травні–червні збільшилась на 15–20%. Це призводить до зміщення оптимальних строків сівби на 5–7 днів раніше та підвищення ризику «запікання» зерна у фазі наливу при суховіях. Зростає також імовірність весняних повернень холодів у квітні, що ушкоджує сходи при ранній сівбі.

До ґрунту ячмінь менш вибагливий, ніж пшениця, однак добре реагує на родючі структуровані ґрунти з нейтральною або слабколужною реакцією (рН 6,5–7,5). Ґрунтовий покрив центральної частини

Кіровоградщини представлений переважно чорноземами типовими та звичайними середньогумусними (вміст гумусу 4,0–5,5%), що є сприятливим для вирощування ячменю. Оптимальна щільність ґрунту в орному шарі – 1,10–1,30 г/см³.

2.2. Традиційна технологія вирощування ярого ячменю

2.2.1. Обробіток ґрунту

Система обробітку ґрунту під ярий ячмінь включає основний (осінній) та передпосівний (весняний) обробіток. Основний обробіток передбачає: лушення стерні попередника дисковим лушильником (ЛДГ-15, ЛДГ-20) на глибину 6–8 см відразу після збирання попередника; оранку плугом ПЛН-5-35 або ПН-8-40 на глибину 20–22 см у вересні–жовтні.

Передпосівний обробіток проводять навесні: закривання вологи зубовими боронами БЗТС-1,0 у два сліди впоперек або по діагоналі до оранки; передпосівну культивуацію на глибину загортання насіння (5–6 см) культиватором КПС-4 з боронами; коткування котком ЗККШ-6 до або після сівби. Загальна кількість проходів техніки при традиційній системі складає 8–12, що призводить до значного ущільнення ґрунту та збільшення ризику ерозії.

2.2.2. Система удобрення

Ярий ячмінь добре реагує на мінеральні добрива. Традиційна система удобрення передбачає внесення основного добрива (Р, К, частина N) восени під основний обробіток та рядкове внесення стартових доз Р і N при сівбі. Орієнтовні норми добрив на плановану врожайність 4,5–5,0 т/га: N80-100, P60-80, K60-80 кг/га діючої речовини.

					<i>МВЯЯ 00. 000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

Для пивоварного ячменю дози азоту зменшують до N45–60 кг/га для уникнення підвищеного вмісту білка в зерні (більше 12% не допускається за вимогами солодовень). Підживлення у фазі кущення виконується розкидачами мінеральних добрив типу МВУ-0,5 або обприскувачами при позакореновому внесенні КАС.

2.2.3. Система захисту рослин

Боротьбу з бур'янами проводять переважно хімічним методом – внесенням гербіцидів у фазі кущення ячменю (агритокс, лонтрел, дікопур). Протруювання насіння перед сівбою (вітавакс 200, тачігарен, ТМТД) захищає від корневих гнилей та сажкових захворювань.

Фунгіцидні обробки (тілт, байлетон, фундазол) проводять за наявності ознак ураження листковими хворобами у фазі прапорцевого листка – колосіння. Проти шкідників (злакова тля, трипси, хлібний жук) застосовують інсектициди (децис, каліпсо, актара) при досягненні економічного порогу шкідливості.

2.2.4. Сівба

Традиційна сівба ярого ячменю здійснюється рядковими сівалками СЗ-5,4, СЗ-3,6 з міжряддям 15 см. Норма висіву – 4,5–5,0 млн схожих насінин/га (170–210 кг/га). Глибина загортання – 4–6 см. Оптимальний строк сівби в умовах Кіровоградської області – третя декада березня – перша декада квітня, при прогріванні ґрунту до 5–6 °С.

2.3. Інтенсивна технологія вирощування

Інтенсивна технологія вирощування ярого ячменю передбачає застосування комплексу агротехнічних заходів, спрямованих на отримання максимального врожаю зерна при оптимальних витратах.

Ключовими елементами є вирощування інтенсивних сортів з потенціалом врожайності 7–9 т/га (Аскольд, Вакулаїв у фазі початку виходу в трубку для запобігання виляганню стеблостою.

При інтенсивній технології проводять 3–4 обробки посівів засобами захисту рослин за чітк, Командор, Сталкер), точне диференційоване внесення добрив за картами врожайності та агрохімічними картографами, застосування ретардант ім моніторингом фітосанітарного стану. Для збирання застосовують сучасні комбайни з електронними системами контролю та мінімізації втрат зерна. За умови дотримання всіх агротехнічних вимог інтенсивна технологія дозволяє отримувати 6–8 т/га зерна ячменю, однак вимагає значних капітальних вкладень.

2.4. Ресурсозберігаючі технології вирощування

Ресурсозберігаючі технології – мінімальний (Mini-till) та нульовий (No-till) обробіток ґрунту – набувають все більшого поширення в Кіровоградській області, особливо у великих агрохолдингах із площею ріллі понад 3 000 га. Мінімальний обробіток передбачає заміну оранки поверхневим або мілким розпушуванням на глибину 10–12 см дисковими (Horsch Joker 8 RT) або чизельними (Köckerling Allrounder) знаряддями. Кількість проходів техніки скорочується до 4–6, витрати пального знижуються на 25–35%.

Нульовий обробіток ґрунту виключає механічний обробіток взагалі. Сівба виконується безпосередньо у стерню сівалками прямого посіву (John Deere 750A, Great Plains 3S-3000HDF, Amazone Cirrus). Ця система потребує надійної боротьби з бур'янами (глібосатвмісні гербіциди), підвищених доз азотних добрив та добре налагодженого подрібнення і розподілу соломи, що виконується подрібнювачем комбайна. Рівномірне

					МВЯЯ 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

розподілення подрібненої соломи по всій ширині захвату є при No-till системі критичним показником якості роботи комбайна.

Таблиця 2.1

Порівняльна характеристика технологій вирощування ярого ячменю

Показник	Традиційна	Інтенсивна	No-till
Врожайність, т/га	2,5–4,5	6,0–8,0	3,0–5,5
Витрати пального, л/га	70–85	75–90	25–40
Кількість проходів техніки	8–12	10–15	3–5
Собівартість, грн/т	3000–3800	2200–2800	2500–3200
Ерозія ґрунту	Висока	Висока	Мінімальна
Вимоги до якості подрібнення соломи	Середні	Середні	Критичні

2.5. Збирання ярого ячменю

Збирання ячменю є критично важливим і технологічно складним етапом, оскільки культура схильна до осипання зерна та ламкості колосся. Оптимальні строки збирання в умовах Кіровоградщини настають у третій декаді червня – першій декаді липня, при досягненні зерном повної стиглості з вологістю 14–16%. Затримка зі збиранням навіть на 2–3 дні при суховіях може призводити до втрат 5–10% від врожаю.

Застосовується переважно пряме комбайнування. За наявності засмічення або нерівномірного дозрівання можливе роздільне збирання (скошування у валки жаткою ЖВП-6 або ЖВН-6 з наступним підбиранням підбирачем ППТ-3). При прямому комбайнуванні жниварка повинна працювати на мінімально можливій висоті зрізу.

Важливим технологічним аспектом є подальша доля соломистих залишків. В умовах сівозмін з виробництва зерна соломі або залишають на полі (подрібнюють і заорюють), або пресують і вивозять. При

ресурсозберігаючих технологіях (особливо No-till) подрібнена солома є основним джерелом органічної речовини та повинна рівномірно покривати поле шаром 4–6 см. Це висуває підвищені вимоги до роботи подрібнювача комбайна.

2.6. Удосконалення технології вирощування ярого ячменю

Аналіз традиційної технології вирощування ярого ячменю в умовах центральної частини Кіровоградської області виявив ряд операцій, що не відповідають сучасному рівню розвитку механізації та актуальним кліматичним умовам. Запропоновані зміни охоплюють три ключові операції.

1. Заміна традиційної оранки на комбінований безполицевий обробіток. В умовах кліматичних змін (скорочення продуктивних запасів вологи у ґрунті на 15–20 мм, зростання частоти весняних суховіїв) щорічна глибока оранка плугом є недоцільною, оскільки сприяє надмірному висиханню ґрунту та деградації його структури. Замість оранки рекомендується чизельний розпушувач Köckerling Allrounder або дисковий мульчувач Horsch Joker 8 RT, що обробляє ґрунт на глибину 12–15 см без обертання скиби. Це збереже ґрунтову вологу, знизить витрати пального на 30–35% та зменшить ущільнення ґрунту.

2. Перехід від рядкової сівалки СЗ-5,4 до пневматичної сівалки точного висіву. Традиційна котушкова сівалка СЗ-5,4 забезпечує нерівномірність висіву насіння $\pm 18\text{--}22\%$, тоді як сучасна пневматична сівалка Amazone Cirrus 6003-2 або Horsch Pronto 9 DC забезпечує нерівномірність не більше $\pm 5\%$. Рівномірне розміщення насіння у рядку на відстані 2,5–3 см підвищує густоту продуктивного стеблостою на 8–12% та дозволяє знизити норму висіву на 10–15% без втрати врожайності. Для умов Кіровоградщини з нестійким зволоженням навесні особливо

важливим є точна глибина загортання насіння у вологий шар ґрунту (4–5 см), яку пневматичні сівалки забезпечують із точністю $\pm 0,5$ см завдяки індивідуальному тиску притискних коліс.

3. Оптимізація строків сівби з урахуванням кліматичних змін. Зміщення середніх температур квітня на $1,2\text{--}1,5^\circ\text{C}$ вище кліматичної норми зумовлює настання оптимальної температури ґрунту для сівби ячменю ($5\text{--}6^\circ\text{C}$) на 5–7 днів раніше – вже з 18–22 березня замість традиційних 25–31 березня. Рання сівба в поєднанні з ресурсозберігаючим обробітком та пневматичними сівалками дозволяє ячменю сформувати сильну кореневу систему до настання весняно-літньої посухи, підвищуючи врожайність на $0,3\text{--}0,5$ т/га.

					<i>МВЯЯ 00. 000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунки машинного агрегату [34–40]

Проведемо розрахунки для обґрунтування складу збирального агрегату. Урожайність ярого ячменю 56 ц/га (0,56 кг/м), величина підйому 3%. Агрегат за базовою технологією формується на основі комбайна JOHN DEERE 9660WTS (вага комбайна $G_{\kappa}^{np} = 112,30$ кН), потужність двигуна 234 кВт [16], а також зернової жатки John Deere 625R вагою $G_{np}^{\phi} = 21,48$ кН [17], робоча агротехнічна швидкість у діапазоні 4,5...7 км/год; буксування $\delta = 13\%$, питома потужність на привід робочих органів $N_n = 4,5$ кВт·с/кг. Агрегат за проектною технологією побудований на базі зернозбирального комбайна New Holland CH7.70 [18] вагою $G_{\kappa}^{np} = 131,45$ кН та потужністю двигуна 245 кВт, укомплектованого жаткою 740CF Superflex вагою $G_{np}^{np} = 25,11$ кН [17], робоча агротехнічна швидкість в межах 6...9 км/год.

«Робоча швидкість руху комбайнового агрегату:»

$$v_p = \frac{3,6 \cdot q_{\phi}}{B_{\kappa} \cdot \beta \cdot U \cdot (1 + \delta_c)}, \quad (3.1)$$

де « B_{κ} – конструктивна ширина захвату жатки, $B_{\kappa 1} = 7,6$ м, $B_{\kappa 2} = 9,1$ м;
 q_{ϕ} – продуктивність молотарки комбайна, $q_{\phi 1} = 12$ кг/с, $q_{\phi 2} = 14$ кг/с;
 β – коефіцієнт використання ширини захвату жатки, $\beta = 0,95$;
 U – урожайність культури, $U = 5,6$ т/га;
 δ_c – соломистість, $\delta_c = 1,5$.

Розрахункові значення робочої швидкості агрегатів»

$$v_{p1} = \frac{36 \cdot 12}{7,6 \cdot 0,95 \cdot 5,6 (1 + 1,5)} = 4,27 \text{ км/год.}$$

$$v_{p2} = \frac{36 \cdot 14}{9,1 \cdot 0,95 \cdot 5,6(1+1,5)} = 4,36 \text{ км/год.}$$

Перевірку можливості роботи зернозбирального комбайна при розрахованій швидкості та допустимому завантаженні двигуна виконуємо за залежністю

$$N_e = \frac{G_m \cdot v_p}{36 \cdot \eta_m \cdot \eta_o} + \frac{0,1(N_{nut} \cdot q_{nut} + N_{прхх} + N_{прдоп})}{0,95_{пр}}, \quad (3.2)$$

де R_m – опір переміщення комбайна по полю, кН;

$$R_m = G_m \left(f_m + \frac{i}{100} \right), \quad (3.3)$$

G_m – повна вага комбайна з жаткою

$$G_{m1} = 112,3 + 21,48 = 133,78 \text{ кН,}$$

$$G_{m2} = 131,45 + 25,11 = 156,56 \text{ кН;}$$

f_m – коефіцієнт опору коченню, $f_m=0,2$;

i – нахил поля, $i=3^\circ$.

Опір переміщення для кожного агрегату

$$R_{m1} = 133,78 \left(0,2 + \frac{3}{100} \right) = 30,77 \text{ кН;}$$

$$R_{m1} = 156,56 \left(0,2 + \frac{3}{100} \right) = 36,01 \text{ кН;}$$

η_m – «коефіцієнт трансмісії, $\eta_m=0,93$;

η_o – коефіцієнт буксування, $\eta_o=0,87$;

N_{nut} – питома потужність, яка необхідна для приведення в дію робочих органів жатки, кВт, $N_{nut}=11,9$ кВт;

q_{nut} – допустима пропускна здатність, кг/с.

$N_{прхх}$, $N_{прдоп}$ – витрати потужності на холостий хід механізмів комбайна та привод допоміжних органів відповідно, кВт;

$\eta_{пр}$ – коефіцієнт корисної дії приводу робочих органів, $\eta_{пр}=0,95$ »

$$N_{e1} = \frac{133,78 \cdot 4,27}{36 \cdot 0,93 \cdot 0,87} + \frac{0,1(11,9 \cdot 12 + 0 + 0)}{0,95} = 36,02 \text{ кВт};$$

$$N_{e2} = \frac{156,56 \cdot 4,36}{36 \cdot 0,93 \cdot 0,87} + \frac{0,1(11,9 \cdot 18 + 0 + 0)}{0,95} = 39,89 \text{ кВт}.$$

При номінальній потужності двигунів зернозбиральних комбайнів $N_{en1}=234$ кВт та $N_{en2}=245$ кВт виконується умова:

$$N_{en1}=234 \text{ кВт} > N_{e1}=36,02 \text{ кВт}; \quad N_{en2}=245 \text{ кВт} > N_{e2}=39,89 \text{ кВт}.$$

При визначених швидкостях обидва агрегати забезпечують ефективну роботу двигуна.

«Технологічна продуктивність комбайна за годину роботи»:

$$W_m = 0,1 \cdot v_a \cdot B; \quad (3.4)$$

$$W_m^{\sigma} = 0,1 \cdot 4,27 \cdot 7,6 = 3,25 \text{ га/год};$$

$$W_m^{np} = 0,1 \cdot 4,36 \cdot 9,15 = 3,99 \text{ га/год};$$

«Змінна продуктивність агрегатів»

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot v_p \cdot T_p, \quad (3.5)$$

де T_p – чистий робочий час, год

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau, \quad (3.6)$$

де $T_{зм}$ – «час зміни, $T_{зм}=8$ год.;

τ – коефіцієнт використання часу зміни, $\tau=0,63$ »

$$T_p = 8 \cdot 0,63 = 5,04 \text{ год}.$$

$$W_{зм}^{\sigma} = 0,1 \cdot 4,27 \cdot 7,6 \cdot 5,04 = 16,36 \text{ га/зм}.$$

$$W_{зм}^{np} = 0,1 \cdot 4,37 \cdot 9,15 \cdot 5,04 = 20,15 \text{ га/зм}.$$

Питомі витрати палива на одиницю оброблюваної площі

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}}, \quad (3.7)$$

де $Q_{зм}$ – витрата палива за зміну, кг/зм;

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_x + Q_z \cdot T_z, \quad (3.8)$$

де Q_p , Q_x , Q_z – відповідно годинна витрати палива в режимах робочого ходу, холостого переміщення та зупинок відповідно. Для комбайна JOHN DEERE 9660 WTS $Q_p=36,7$; $Q_x=20,6$; $Q_z=7,8$ кг/год. Для комбайна New Holland CH7.70 $Q_p=30,7$ кг/год; $Q_x=16,3$ кг/год; $Q_z=5,8$ кг/год;

T_x , T_z – тривалість холостих переміщень та зупинок

$$T_x = T_z = \frac{T_{zm} - T_p}{2} = \frac{8 - 5,04}{2} = 1,48 \text{ год};$$

$$Q_{zm1} = 36,7 \cdot 5,04 + 20,6 \cdot 1,48 + 7,8 \cdot 1,48 = 227,37 \text{ кг/зм};$$

$$Q_{zm2} = 30,7 \cdot 5,04 + 16,3 \cdot 1,48 + 5,8 \cdot 1,48 = 187,44 \text{ кг/зм}.$$

Питомі витрати палива на 1 гектар оброблюваної площі

$$Q_{ga}^o = \frac{227,37}{16,36} = 13,89 \text{ кг/га};$$

$$Q_{ga}^{np} = \frac{187,44}{20,15} = 9,30 \text{ кг/га}.$$

Аналіз результатів розрахунків підтверджує, що для збирання ярого ячменю раціональнішим є застосування агрегату на базі зернозбирального комбайна New Holland CH7.70, оснащеного жаткою 740CF Superflex: він забезпечує вищу змінну продуктивність ($W_{zm}=20,15$ га/зм проти 16,36 га/зм) та суттєво нижчі витрати палива (9,30 кг/га проти 13,89 кг/га) порівняно з агрегатом за базовою технологією.

3.2. Підготовка поля до роботи [19–21]

Для здійснення збиральних робіт на полі обирається загінковий рух агрегату всклад; по периметру кожної загінки, на її кінцях, передбачаються смуги, необхідні для виконання розворотів.

Зазначений спосіб руху передбачає виконання першого повороту за петльовою схемою, тоді як усі наступні повороти є безпетльовими. Розрахунок орієнтовної ширини поворотної смуги для кожного типу повороту (рис. 3.1) виконується за відповідними залежностями:

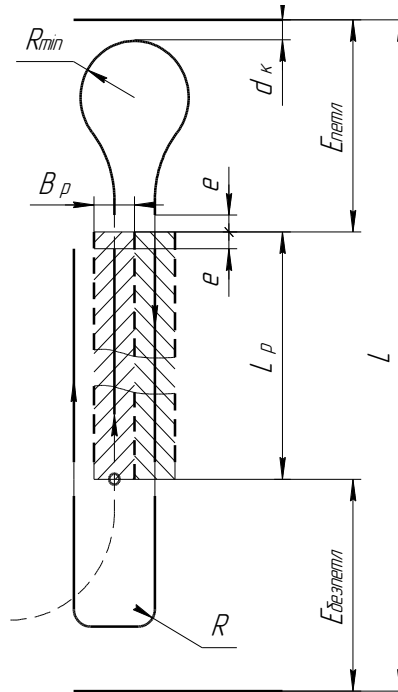


Рис. 3.1. Схема руху посівного агрегату в загінці

– для безпетльового повороту:

$$E \approx 1,5R_{min}, \quad (3.9)$$

де R_{min} – мінімальний радіус повороту, $R_{min} = 8,51$ м;

$$E = 1,5 \cdot 8,51 = 12,77 \text{ м};$$

– для петльового грушовидного повороту

$$E = 3R_{min} + L_a, \quad (3.10)$$

де L_a – «кінематична довжина агрегату, м»

$$L_a = L_{комб} + L_{пр}, \quad (3.11)$$

де $L_{комб}$ – «кінематична довжина комбайна, $L_{комб} = 5,54$ м;

$L_{пр}$ – кінематична довжина жатки, $L_{пр} = 1,85$ м».

Отже,

$$L_a = 5,54 + 1,85 = 7,39 \text{ м};$$

$$E_{нетл} = 3 \cdot 8,51 + 7,39 = 32,92 \text{ м.}$$

«Ширину поворотної смуги приводять до значення, кратного робочій ширині захвату агрегату, що забезпечує виконання цілої кількості проходів при відпрацюванні смуги»

$$E = K \cdot B_p, \quad (3.12)$$

де $K = \frac{E}{B_p},$

Звідси

$$K_{нетл} = \frac{32,92}{9,15} = 3,60;$$

$$K_{безнетл} = \frac{12,77}{9,15} = 1,39.$$

Приймаємо $K_{нетл} = 4, K_{безнетл} = 2.$

Тоді уточнена ширина поворотної смуги становить

$$E_{нетл} = 4 \cdot 9,15 = 36,6 \text{ м};$$

$$E_{безнетл} = 2 \cdot 9,15 = 18,3 \text{ м.}$$

Довжина виїзду агрегату визначається розташуванням його робочих органів відносно осі симетрії машини. За умови застосування задньої навіски виїзд розраховується за виразом

$$e = L_a; \quad (3.13)$$

$$e = 7,39 \text{ м.}$$

Орієнтовна оптимальна ширина загінки при русі всклад і врозгін

$$C_{онт} = \sqrt{L \cdot B_p + 16 \cdot R_{\min}^2}, \quad (3.14)$$

де L – «довжина загінки, м;

					МВЯЯ 00. 000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$C_{omm} = \sqrt{850 \cdot 9,15 + 16 \cdot 7,39^2} = 93,01 \text{ м.}$$

«Довжина виїзду агрегату визначається розташуванням його робочих органів відносно осі симетрії машини. За умови застосування задньої навіски виїзд розраховується за виразом»

$$n = \frac{C_{omm}}{B_p} = \frac{93,01}{9,15} = 10,17.$$

Приймаємо $n = 12$. Тоді

$$C = n \cdot B_p = 12 \cdot 9,15 = 109,8 \text{ м.}$$

«Загальна кількість загінок визначаємо за формулою»

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C}, \quad (3.15)$$

де F – площа поля, $F = 97$ га;

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 97}{850 \cdot 109,8} = 10,39 \text{ шт.}$$

«Отже, на розглянутому полі передбачається розбивка на дев'ять загінок із шириною $C_{1-9} = 109,8$ м та одну загінку шириною $C_{10} = C_{1-9} \cdot 1,39 = 109,8 \cdot 1,39 = 152,62$ м.

Ефективність обраного способу руху в загінці характеризується коефіцієнтом робочих ходів»

$$K_p = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.16)$$

де L_p, L_x – «середні значення робочої довжини загінки і холостого ходу.

Робоча та холоста довжини ходу в загінці»

$$L_p = L - 4,5 \cdot R_{\min} - L_a; \quad (3.17)$$

$$L_x = 4,5R + 4 \cdot L_a, \quad (3.18)$$

$$L_p = 850 - 4,5 \cdot 8,51 - 7,39 = 804,3 \text{ м;}$$

$$L_x = 4,5 \cdot 8,51 + 4 \cdot 7,39 = 67,86 \text{ м.}$$

Тоді

$$K_p = \frac{804,3}{804,3 + 67,86} = 0,92.$$

«Отримане значення коефіцієнта є близьким до одиниці, що свідчить про раціональне використання робочого часу при обраному способі руху.

Тривалість одного технологічного циклу Отримане значення коефіцієнта є близьким до одиниці, що свідчить про раціональне використання робочого часу при обраному способі руху.

Тривалість одного технологічного циклу»

$$T_u = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot v_a} + 2 \cdot t_n, \quad (3.19)$$

де t_n – тривалість одного повороту в кінці загінки, $t_n = 1,35$ хв

$$T_u = \frac{12 \cdot 804,3}{10^2 \cdot 4,37} + 2 \cdot 1,5 = 25,09 \text{ хв} \approx 0,418 \text{ год.}$$

«Технічна продуктивність агрегату за один цикл»

$$W_u = 0,1 \cdot B_p \cdot v_a \cdot T_u \cdot \tau, \quad (3.20)$$

де τ – коефіцієнт використання робочого часу циклу, $\tau = 0,63$

$$W_u = 0,1 \cdot 9,15 \cdot 4,37 \cdot 0,225 \cdot 0,63 = 0,57 \text{ га/цикл.}$$

Кількість циклів за робочу зміну

$$n_u = \frac{W_{зм}}{W_u}, \quad (3.21)$$

$$n_u = \frac{20,15}{0,57} = 35,35 \text{ цикл/зм.}$$

Витрати палива за один цикл

$$Q_u = Q_{ca} \cdot W_u, \quad (3.22)$$

$$Q_u = 9,3 \cdot 0,57 = 5,30 \text{ кг/цикл.}$$

На підставі проведених розрахунків заповнюємо операційну карту.

					МВЯЯ 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Огляд літератури

Зернозбиральний комбайн New Holland CH7.70 належить до гібридного класу «Crossover Harvesting» (CH) і поєднує тангенціальний молотильний барабан та два поздовжні ротори. Такий компоновальний рядок забезпечує двоетапне обмолочування хлібної маси та ефективне сепарування у роторних камерах. Комбайн призначений для збирання зернових (пшениця, ячмінь, ріпак, кукурудза) в широкому діапазоні урожайностей та умов стиглості.

Подрібнювач соломи комбайна New Holland CH7.70 є серійним апаратом роторно-ножового типу з горизонтальним ротором діаметром 550 мм. До його складу входять: ротор із рухомими (маховими) ножами та нерухомими контрножами; дефлектор розподілу подрібненої маси; пристрій регулювання ширини розкиду. Номінальна частота обертання ротора – 2600–2900 хв⁻¹. Ширина розкиду в стандартній комплектації становить до 7,5 м, що при використанні жниварки шириною 7,32 м є граничним значенням і не забезпечує стабільного рівномірного розподілу.

Основними вимогами агрономів до роботи подрібнювача при збиранні ячменю є: ступінь подрібнення соломи (довжина різки) – не більше 100–120 мм; нерівномірність розподілу по ширині захвату – не більше $\pm 15\%$; вміст непобитої соломи (стеблин) у виході – не більше 5%. На практиці, особливо при жниварці шириною 9,15 м, нерівномірність розподілу перевищує 25–30%, що є суттєвим недоліком.

При збиранні ярого ячменю в умовах центральної частини Кіровоградської області максимальна врожайність зерна становить 5,6 т/га (передові господарства при інтенсивній технології). Оскільки через молотильний апарат комбайна проходить кількість соломи, що в 1,5 рази

більша за кількість вимолоченого зерна, масова подача соломи через подрібнювач сягає 20,82 кг/с. При такій подачі виявлені суттєві недоліки серійного подрібнювача:

- нерівномірність розподілу подрібненої соломи по ширині захвату 25–32%, що перевищує агротехнічний допуск ($\leq 15\%$);
- при використанні жнивarki шириною 9,15 м серійний дефлектор не забезпечує рівномірного розкиду;
- відсутня автоматична адаптація режиму роботи до змінної подачі соломи;
- кут заточки ножів (35°) є підвищеним для стеблостою ячменю, що зумовлює зайві витрати потужності.

Мета модернізації: збільшення кількості ножів з 48 до 60 штук і зменшення кута заточки з 35° до 25° ; встановлення двосекційного дефлектора з незалежним регулюванням секцій; введення гідравлічного варіатора ГДВ-100 для автоматичного керування частотою обертання ротора в діапазоні 2400–3200 хв⁻¹. Технічне завдання: нерівномірність розподілу соломи $\leq 10\%$, довжина різки ≤ 90 мм, зниження споживаної потужності не менше 8%.

4.2. Технологічні розрахунки

4.2.1. Визначення масової подачі соломи через подрібнювач

Вихідні дані: максимальна врожайність ярого ячменю в центральній частині Кіровоградської області $q_3=5,6$ т/га; коефіцієнт солома/зерно $K_{c/z}=1,5$; робоча швидкість комбайна $v_p=9,8$ км/год; ширина захвату жнивarki $B_p=9,15$ м.

Масова подача зерна через молотильний апарат:

$$Q_3 = \frac{q_3}{10000} \cdot \frac{v_p \cdot B_p}{3,6} = \frac{5600 \cdot 9800 \cdot 9,15}{10000 \cdot 3600} = 13,87 \text{ кг/с.}$$

					МВЯЯ 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

Оскільки через молотильний апарат комбайна проходить кількість соломи в 1,5 рази більша за кількість зерна:

$$Q_c = Q_z \cdot K_{c/z} = 13,87 \cdot 1,5 = 20,81 \text{ кг/с.}$$

4.2.2. Визначення швидкості подачі соломи у камеру подрібнювача

Солома надходить у камеру подрібнювача у вигляді ущільненого потоку. При щільності ущільненої соломи $\rho_c = 80 \text{ кг/м}^3$, ширині камери $B = 1,35 \text{ м}$ і товщині шару $h = 0,12 \text{ м}$

$$v_n = \frac{Q_c}{\rho_c \cdot B \cdot h} = \frac{20,812}{80 \cdot 1,35 \cdot 0,15} = 1,28 \text{ м/с.}$$

4.2.3. Визначення кількості ножів, довжини різки та кількості стебел, що одночасно перерізаються одним ножем

Лінійна швидкість ножів при $n_p = 2900 \text{ хв}^{-1}$

$$v_n = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_p}{60} = \frac{\pi \cdot 0,55 \cdot 2900}{60} = 83,5 \text{ м/с}$$

56 ножів розміщені у 4 рядах по 14 ножів у ряді. Довжина різки (відстань між послідовними зрізами у даному перерізі):

$$l_p = \frac{v_n \cdot 60}{n_p \cdot n_{\text{пер}}} = \frac{83,5 \cdot 60}{2900 \cdot 14} = 0,062 \text{ м.}$$

Отримано $l_p = 62 \text{ мм} < 90 \text{ мм}$ – агротехнічна вимога виконана з запасом.

Кількість стебел, що одночасно перерізаються одним ножем

$$z_c = \frac{\rho_n \cdot B \cdot \delta}{m_c} = \frac{0,440 \cdot 80 \cdot 1,35}{0,015 \cdot 0,015 \cdot 1,35 \cdot 500} \approx 8 \text{ стебел,}$$

де m_c – маса одного стебла

$$m_c = \rho_n \cdot l_c = 500 \cdot 0,85 = 0,002 \text{ кг.}$$

4.2.4. Визначення кількості ножів та перевірка довжини різки

Лінійна швидкість ножів при $n_p=2900 \text{ хв}^{-1}$

$$v_n = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_p}{60} = \frac{\pi \cdot 0,55 \cdot 2900}{60} = 83,5 \text{ м/с}$$

56 ножів розміщені у 4 рядах по 14 ножів у ряді. Довжина різки (відстань між послідовними зрізами у даному перерізі):

4.3. Кінематичний розрахунок

4.3.1. Розрахунок клинопасової передачі

Частоти обертання ведучого вала та ротора: $n_1=2200 \text{ хв}^{-1}$; $n_2=2900 \text{ хв}^{-1}$.

Передавальне число пасової передачі

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{2200}{2900} = 0,759.$$

Діаметр ведучого шківа $D_1=380 \text{ мм}$. Діаметр веденого шківа

$$D_2 = D_1 \cdot i = 380 \cdot 0,759 = 288 \text{ мм}.$$

Приймаємо $D_2=280 \text{ мм}$.

Фактична частота обертання ротора

$$n_{2\phi} = \frac{n_1 \cdot D_1 \cdot (1 - \varepsilon)}{D_2} = \frac{2200 \cdot 380 \cdot 0,99}{280} = 2945 \text{ хв}^{-1},$$

де ε – пружне ковзання, $\varepsilon=0,01$.

Лінійна швидкість ножів

$$v_n = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_2}{60} = \frac{\pi \cdot 0,55 \cdot 2945}{60} = 84,9 \text{ м/с}.$$

Значення $v_n=84,9 \text{ м/с}$ знаходиться в рекомендованому діапазоні 75–95 м/с для подрібнювачів соломи.

Тип паса – клиновий SPC. Міжосьова відстань

$$a = 0,55 \cdot (D_1 + D_2) + h_n = 0,55(380 + 280) + 19 = 382 \text{ мм.}$$

Приймаємо $a=400$ мм.

Розрахункова довжина паса:

$$L = 2 \cdot a + \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)}{2} + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4 \cdot a} =$$

$$= 2 \cdot 400 + \frac{\pi \cdot (380 + 280)}{2} + \frac{(380 - 280)^2}{4 \cdot 400} = 1843 \text{ мм.}$$

Приймаємо пас SPC з довжиною 1900 мм.

Кут обхвату меншого шківa

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{57^\circ \cdot (D_1 - D_2)}{a} = 180^\circ - \frac{57^\circ \cdot (380 - 280)}{400} = 145,7^\circ.$$

Потужність привода $N_n=38$ кВт, допустима потужність одного паса SPC $[N_1]=12,5$ кВт. Кількість пасів

$$z = N_n / [N_1] = 38 / 12,5 = 3,04.$$

Приймаємо $z=3$ паси SPC 1900.

Гідравлічний варіатор ГДВ-100 забезпечує безступінчасте регулювання частоти обертання ротора $n_{min}=2400$ хв⁻¹ (мала подача соломи) до $n_{max}=3200$ хв⁻¹ (максимальна подача). Діапазон регулювання

$$D = \frac{3200}{2400} = 1,33 < 1,5$$

відповідає паспортним можливостям ГДВ-100. Сигнал керування від тензометричного датчика маси соломи (0–10 В, лінійний закон).

4.4. Силовий аналіз механізмів подрібнювача

4.4.1. Визначення сили різання соломи

Сила різання визначається через потужність різання При $N_p=76,32$ кВт та лінійній швидкості ножів $v_n=84,9$ м/с сумарна сила різання від усіх ножів, що одночасно знаходяться в зоні різання

$$F_{p.сум} = \frac{N_p}{v_n} = \frac{76\,320}{84,9} = 899 \text{ Н.}$$

Сила різання одного ножа

$$F_p = \frac{F_{p.сум}}{14} = \frac{899}{14} = 64 \text{ Н.}$$

4.4.2. Відцентрова сила, що діє на один ніж

Маса ножа $m_n=0,48$ кг; радіус центра мас $R_{цм}=0,295$ м; кутова швидкість $\omega=\pi \cdot 2945/30=308,4 \text{ с}^{-1}$

$$F_{відц} = m_n \cdot \omega^2 \cdot R_{цм} = 0,48 \cdot 308,4^2 \cdot 0,295 = 13468 \text{ Н.}$$

Відношення

$$\frac{F_{відц}}{F_p} = \frac{13468}{305} = 44,2 \gg 1.$$

Таким чином, ніж надійно притиснутий до упора та не відгинається під дією сил різання. Умова надійного різання виконана.

4.4.3. Реакції в підшипниках вала ротора

Вал ротора розглядається як балка на двох опорах А і В (проліт $L=1350$ мм). Зліва від опори А на відстані $a=120$ мм встановлений приводний шків.

Сила ваги ротора з ножами $m_p=68$ кг

$$G_p = 68 \cdot 9,81 = 667 \text{ Н.}$$

Рівномірно розподілена сила різання

$$q = \frac{F_{p.сум}}{L} = \frac{899}{1,35} = 666 \text{ Н/м.}$$

Реакції від розподіленого навантаження:

$$R_{Aq} = R_{Bq} = \frac{q \cdot L}{2} = \frac{666 \cdot 1,35}{2} = 450 \text{ Н.}$$

Сила натягу гілки пасової передачі $N_{заг}=38$ кВт; $z=3$ паси SPC;
 $\omega_1=\pi \cdot 2200/30=230,4 \text{ с}^{-1}$

$$F_n = \frac{2 \cdot N_{заг}}{\omega} \cdot \frac{z}{D_1} = \frac{2 \cdot 38000}{230,4} \cdot \frac{3}{0,380} = 2609 \text{ Н.}$$

Реакції опор:

$$R_B = G_p/2 + R_{Bq} = 333 + 457 = 790 \text{ Н;}$$

$$R_A = \frac{G_p}{2} + R_{Aq} + \frac{F_n \cdot (L + a)}{L} = 333 + 450 + 2609 \cdot 1,47 / 1,35 = 3624 \text{ Н.}$$

4.5. Енергетичний розрахунок подрібнювача

Потужність привода подрібнювача складається з трьох складових.

4.5.1. Потужність на різання соломи

Для ножа з кутом заточки $\alpha=25^\circ$ питома робота різання соломи
 ячменю $A_{nut}=5,5$ кДж/кг

$$N_p = A_{nut} \cdot Q_c = 5,5 \cdot 10^3 \cdot 13,88 = 76320 \text{ Вт} = 76,32 \text{ кВт.}$$

4.5.2. Потужність на подолання аеродинамічного опору ротора

$$N_{aep} = k_{aep} \cdot D_p^5 \cdot n^3 = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,55^5 \cdot \left(\frac{2945}{60} \right)^3 = 8,5 \text{ Вт} \approx 0,01 \text{ кВт.}$$

4.5.3. Потужність на прискорення соломи

Солома прискорюється від швидкості подачі $v_n=0,857$ м/с до
 швидкості відкидання $v_{відк}=20$ м/с (типове значення для подрібнювачів)

$$N_{np} = \frac{Q_c \cdot (v_{відк}^2 - v_n^2)}{2} = \frac{13,88 \cdot (20^2 - 0,857^2)}{2} = 2770 \text{ Вт} = 2,77 \text{ кВт.}$$

4.5.4. Загальна потужність привода

					МВЯЯ 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

$$N_{заг} = \frac{N_p + N_{аер} + N_{пр}}{\eta_n} = \frac{38 + 0,01 + 2,77}{0,92} = 44,33 \text{ кВт.}$$

Перевірка достатності потужності двигуна. Двигун FPT Cursor 9 (246 кВт) виділяє на привод подрібнювача до 30% від номінальної потужності

$$N_{дост} = 246 \cdot 0,30 = 73,8 \text{ кВт.}$$

Потрібна потужність із запасом 20%

$$N_{необх} = N_{заг} \cdot k_{зап} = 44,33 \cdot 1,05 = 46,5 \text{ кВт.}$$

Умова $N_{дост} = 73,8 \text{ кВт} > N_{необх} = 46,5 \text{ кВт}$ вказує на достатність потужності двигуна для роботи подрібнювача.

4.6. Розрахунок деталей та вузлів на міцність

Конструктивно-розрахункова схема ножа наведена на рисунку 4.1.

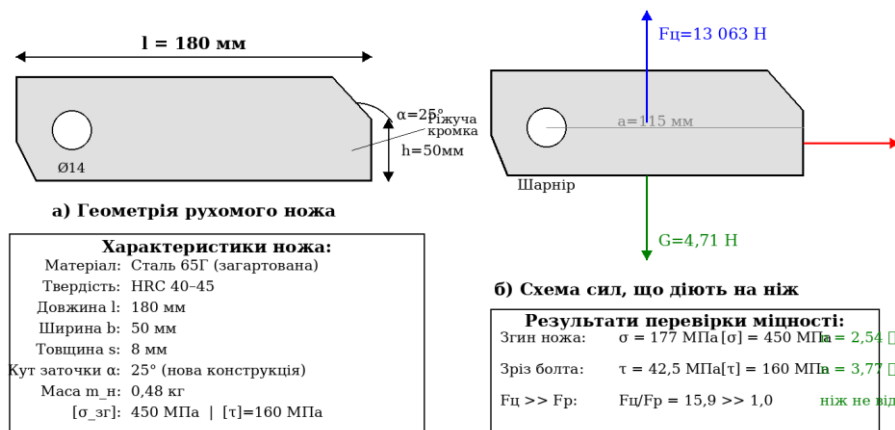


Рис. 4.1. Конструктивно-розрахункова схема рухомого ножа подрібнювача

а – геометрія, б – схема сил

4.6.1. Розрахунок рухомого ножа на згин

Матеріал ножа: сталь 65Г (загартована), $\sigma_T = 850 \text{ МПа}$, $[\sigma_{зг}] = 450 \text{ МПа}$.

Ніж розглядається як консольна балка, зацемлена у шарнірі.
Довжина консолі $a=115$ мм. Сила різання $F_p=65$ Н.

Згинальний момент у небезпечному перерізі (біля шарніра)

$$M_{32} = F_p \cdot a = 65 \cdot 0,115 = 7,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Переріз ножа ($b \times h=50 \times 8$ мм); момент опору перерізу

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{50 \cdot 64}{6} = 533,3 \text{ мм}^3.$$

Розрахункове напруження

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W_x} = \frac{35100}{533,3} = 65,8 \text{ МПа}.$$

Умова міцності

$$\sigma_{32}=65,8 \text{ МПа} < [\sigma_{32}]=450 \text{ МПа}$$

виконана. Коефіцієнт запасу

$$n_{\sigma} = \frac{450}{65,8} = 6,84$$

задовільно.

4.6.2. Розрахунок болта кріплення ножа на зріз

Болт Ø14 мм, клас міцності 8.8, сталь 40Х, $[\tau_{3p}]=160$ МПа. Двозрізне з'єднання. Результируюча сила

$$F_{рез} = \sqrt{F_p^2 + F_{види}^2} = \sqrt{305^2 + 13468^2} = 13471 \text{ Н}.$$

Напруження зрізу

$$\tau = \frac{F_{рез}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{d_6^2}{4}} = \frac{13471}{2 \cdot \pi \cdot \frac{14^2}{4}} = 43,8 \text{ МПа}.$$

Умова виконана, оскільки

$$\tau=43,8 \text{ МПа} < [\tau]=160 \text{ МПа};$$

$$n_{\tau} = \frac{160}{43,8} = 3,65.$$

					МВЯЯ 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

4.6.3. Розрахунок вала ротора на кручення та згин

Матеріал вала: сталь 45, $\sigma_T=360$ МПа, $[\sigma_{-1}]=170$ МПа.

Крутний момент на валу при $N_{заг}=44,33$ кВт, $\omega_p=\pi \cdot 2945/30=308,4$ с⁻¹

$$M_{кр} = \frac{N_{заг}}{\omega_p} = \frac{44330}{308,4} = 143,74 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальний згинальний момент від розподіленого навантаження (середина прольоту)

$$M_{зг.мах} = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{677 \cdot 1,35^2}{8} = 154,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приведений момент:

$$M_{np} = \sqrt{M_{зг.мах}^2 + 0,75 \cdot M_{кр}^2} = \sqrt{154,2^2 + 0,75 \cdot 278,8^2} = 286,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору перерізу вала Ø70 мм:

$$W_e = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 70^3}{32} = 33674 \text{ мм}^3.$$

Розрахункове напруження:

$$\sigma_{np} = \frac{M_{np}}{W_e} = \frac{286500}{33674} = 8,5 \text{ МПа}.$$

Умова: $\sigma_{np}=8,5$ МПа $\ll [\sigma_{-1}]=170$ МПа – виконана з запасом $n=20,0$.

Діаметр $d=70$ мм визначається конструктивними вимогами.

4.6.4. Підбір підшипників кочення вала ротора

Еквівалентне динамічне навантаження на найбільш навантажений підшипник (опора А, $R_A=3624$ Н):

$$P = V \cdot R_A \cdot k_{\sigma} \cdot k_m = 1,0 \cdot 3624 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 5074 \text{ Н} = 5,1 \text{ кН},$$

де k_{σ} – коефіцієнт безпеки (помірні удари при різанні), $k_{\sigma}=1,4$;

$k_m=1,0$ ($t < 100$ °С).

Необхідна динамічна вантажопідйомність (ресурс $L_{10h}=1500$ год)

$$C_p = P \cdot \left(\frac{L_{10h} \cdot n_p}{500} \right)^{\left(\frac{1}{p} \right)} = 22,1 \cdot \left(\frac{1500 \cdot 2945}{500} \right)^{(0,301)} = 338,1 \text{ кН.}$$

Приймаємо підшипник сферичний дворядний роликовий 23232 ЕК (SKF): $C=570$ кН, $C_0=430$ кН. Умова $C=570$ кН $>$ $C_p=338,1$ кН – виконана з запасом $n=1,69$.

4.6.5. Розрахунок шпонкового з'єднання вала з приводним шківом

Шпонка призматична $b \times h \times l = 20 \times 12 \times 80$ мм, сталь 45, $[\sigma_{зм}] = 100$ МПа.
Крутний момент $M_{кр} = 278,8$ Н·м

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d_e \cdot l_{ш} \cdot (h - t)} = \frac{2 \cdot 278800}{70 \cdot 68 \cdot 7,5} = 15,6 \text{ МПа.}$$

Умова: $\sigma_{зм} = 15,6$ МПа $<$ $[\sigma_{зм}] = 100$ МПа – виконана, $n=6,4$.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Інструкція з охорони праці при роботі на зернозбиральному комбайні

5.1.1. Загальні положення

Дія інструкції поширюється на комбайнерів, їхніх помічників та осіб, які проходять стажування або навчання безпосередньо на агрегаті.

5.1.1.1. Вимоги до працівника

До самостійної роботи на зернозбиральному комбайні допускаються особи, які:

- досягли 18-річного віку та пройшли обов'язковий попередній медичний огляд з відміткою «придатний до роботи на мобільних сільськогосподарських машинах»;
- здобули відповідну кваліфікацію (тракторист-машиніст категорій «Е» або «F») та мають посвідчення встановленого зразка;
- ознайомлені з конструкцією, технічними характеристиками та особливостями експлуатації конкретної моделі комбайна;
- пройшли вступний та первинний інструктаж з охорони праці, що підтверджено підписами у журналі обліку інструктажів;
- склали залік з охорони праці та отримали допуск від відповідальної особи підприємства.

5.1.1.2. Характеристика небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час роботи комбайнера на нього можуть діяти такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- механічні – рухомі робочі органи молотарки, жатки, соломотряса, очисника; виліт каменів та сторонніх предметів з-під жатки;

- фізичні – підвищений рівень шуму (до 95 дБА), вібрація від двигуна та ходової частини, пил зернового та органічного походження;
- хімічні – відпрацьовані гази двигуна, паливно-мастильні матеріали, хімічні десиканти на оброблених культурах;
- кліматичні – тривала робота на відкритій місцевості під прямим сонячним випромінюванням, вплив атмосферних опадів і вітру;
- психофізіологічні – монотонність праці, тривале навантаження на органи зору та опорно-рухову систему при роботі в нічний час.

5.1.2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед виїздом у поле комбайнер зобов'язаний виконати технічне обслуговування агрегату відповідно до регламенту та переконатися у його справності.

5.1.2.1. Перевірка технічного стану

1. Оглянути зовнішній стан комбайна: перевірити цілісність захисних кожухів та огорожень усіх приводних пасів, ланцюгів і шнеків. Знімати огороження під час роботи двигуна категорично заборонено.

2. Перевірити рівень моторної оливи, охолоджувальної рідини, гідравлічної рідини та палива. У разі виявлення підтікань – усунути несправність до початку роботи.

3. Переконатися у справності гальмівної системи: педалі гальм повинні мати вільний хід у межах, передбачених заводом-виробником.

4. Перевірити тиск повітря у шинах колісного ходу або натяг гусеничних стрічок (для гусеничних комбайнів).

5. Упевнитися в справності освітлювальних приладів, звукового сигналу та контрольно-вимірювальних приладів на панелі оператора.

6. Перевірити стан та надійність кріплення ріжучого апарату жатки, мотовила, транспортера та з'єднань жатки з корпусом молотарки.

7. Під час огляду використовувати справний переносний ліхтар у вибухозахищеному виконанні; відкритий вогонь у кабіні та поблизу паливної системи категорично заборонений.

5.1.2.2. Особисті засоби захисту

Комбайнер повинен використовувати такі засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- спецодяг — комбінезон із бавовняної тканини підвищеної міцності, який щільно облягає тіло і не має частин, що звисають;
- спецвзуття — черевики з маслостійкою підошвою та металевим підноском;
- захист органів дихання — пилозахисний респіратор класу FFP2 при роботі в умовах підвищеного запилення;
- захист органів слуху — навушники або беруші зі значенням $SNR \geq 25$ дБ при тривалій роботі;
- захист голови — захисна каска при виконанні технічного обслуговування під піднятими робочими органами.

5.1.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

5.1.3.1. Порядок запуску та рушання

Перед запуском двигуна комбайнер зобов'язаний переконатися, що поблизу агрегату немає сторонніх осіб, а всі важелі приводів робочих органів знаходяться в нейтральному або вимкненому положенні. Запуск здійснюється виключно з кабіни оператора за допомогою штатних засобів управління.

Рушати з місця дозволяється лише після прогрівання двигуна до робочої температури охолоджувальної рідини (не нижче 60 °C), переконавшись у відсутності перешкод за допомогою дзеркал заднього огляду або камер (за їх наявності).

5.1.3.2. Безпека під час збирання врожаю

Увімкнення молотильного барабана, жатки та інших робочих органів здійснювати плавно, поступово збільшуючи оберти двигуна до номінальних.

Не допускати перевантаження молотарки: при забиванні жатки або транспортера негайно зупинити рух, вимкнути молотильний барабан і лише після повної зупинки агрегату усунути затор за допомогою спеціальних інструментів (гак, щуп).

Забороняється усувати затори у жатці або молотарці руками при ввімкненому приводі чи при двигуні, що працює.

При роботі поблизу ліній електропередач дотримуватися відстані не менше 30 м від крайнього проводу. Якщо уникнути наближення неможливо – отримати письмовий дозвіл від власника лінії.

Не допускати перебування сторонніх осіб у зоні роботи комбайна на відстані менше 50 м.

При переїзді через дорогу загального користування жатку підняти в транспортне положення, увімкнути пробліскові маяки та дати звуковий сигнал.

Забороняється залишати комбайн із запущеним двигуном та ввімкненими робочими органами без нагляду оператора.

5.3.3. Пожежна безпека

Через підвищену пожежонебезпечність агросезону особливу увагу приділяти запобіганню займань:

– щогодини очищати двигун, випускnu систему та моторний відсік від накопичення пилу, полови та рослинних решток – за допомогою стисненого повітря або м'якої щітки;

– тримати у кабіні справний вогнегасник порошковий або вуглекислотний ємністю не менше 6 кг (клас В, С), а також лопату та кошму;

– не допускати роботи з підтіканням паливно-мастильних матеріалів на нагріті поверхні;

– куріння та використання відкритого вогню у кабіні та безпосередній близькості від агрегату категорично заборонено.

5.1.4. Дії в аварійних та нестандартних ситуаціях

5.1.4.1. Пожежа на комбайні

1. Негайно зупинити агрегат, вимкнути двигун і залишити кабіну, взявши вогнегасник.

2. Спробувати ліквідувати осередок займання у початковій стадії наявними засобами пожежогасіння.

3. Якщо полум'я вийшло з-під контролю – відійти на безпечну відстань (не менше 100 м) та негайно повідомити керівника і пожежно-рятувальну службу за номером 101.

4. Не допускати сторонніх осіб до місця пожежі до прибуття спеціалізованих служб.

5.1.4.2. Нещасний випадок

У разі отримання травми або виявлення потерпілого:

1. Зупинити агрегат, вимкнути двигун та включити аварійну сигналізацію.

2. Оцінити стан потерпілого та викликати екстрену медичну допомогу за номером 103.

3. До приїзду медиків надати першу допомогу відповідно до отриманих інструкцій диспетчера або власних знань з домедичної допомоги.

4. Зберегти обстановку місця події незмінною (якщо це не загрожує іншим особам) та повідомити безпосереднього керівника і службу охорони праці.

5.1.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після завершення змінного завдання або припинення роботи комбайнер зобов'язаний:

1. Заїхати на виділене місце стоянки, опустити жатку на підставку або на землю, вимкнути всі робочі органи.

2. Зупинити двигун, витягнути ключ запалювання та загальмувати комбайн стоянковим гальмом (підкласти гальмівні колодки під колеса).

3. Провести щозмінне технічне обслуговування: очищення від половини та пилу, перевірку та доливання мастил і рідин.

4. Перевірити стан та кріплення різальних частин жатки, стан ремінних і ланцюгових передач; у разі виявлення несправностей – зробити відповідний запис у журналі технічного стану.

5. Зняти та очистити ЗІЗ, покласти їх на відведене місце зберігання. Не виносити з підприємства засоби індивідуального захисту, забруднені паливно-мастильними матеріалами.

6. Повідомити змінника або керівника про всі несправності і відхилення від нормального режиму роботи, виявлені протягом зміни.

7. Вимити руки та відкриті ділянки шкіри теплою водою з милом перед прийомом їжі або по закінченні роботи.

5.1.6. Відповідальність

Комбайнер несе персональну відповідальність за:

– порушення вимог цієї інструкції, що спричинило нещасний випадок або аварію;

- роботу на несправному агрегаті або без засобів індивідуального захисту;
- залишення комбайна без нагляду з увімкненим двигуном або робочими органами;
- ненадання першої допомоги постраждалому або приховування факту нещасного випадку.

Відповідальність настає відповідно до чинного законодавства України: дисциплінарна, адміністративна або кримінальна – залежно від тяжкості наслідків.

					МВЯЯ 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

ВИСНОВКИ

Ярий ячмінь посідає вагоме місце серед зернових культур як у структурі сільськогосподарського виробництва України, так і в світовому землеробстві загалом.

За результатами аналізу технології вирощування цієї культури розроблено технологічну карту, яка охоплює повну механізацію виробничих процесів на всіх технологічних операціях. Карта враховує агрофізичний стан ґрунтів відведених площ та передбачає застосування сучасних технологічних рішень при виконанні окремих операцій. Реалізація запропонованих заходів забезпечить збереження родючості ґрунтового покриву й дозволить досягти підвищення врожайності за умови мінімізації виробничих витрат.

У технологічній частині роботи виконано розрахунки, спрямовані на оптимізацію режимів роботи агрегату в процесі збирання врожаю ярого ячменю та скорочення відповідних експлуатаційних витрат.

В інженерній частині представлено розрахунки подрібнювального апарата, які підтверджують працездатність робочого органу після проведеної модернізації.

У розділі охорони праці розроблено комплекс заходів, що регламентують безпечне виконання робіт у період збирання врожаю ярого ячменю із застосуванням зернозбирального комбайна New Holland CH7.70.

Список використаної літератури

1. Петров П. В. Агротехнологія і технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. / Петров П. В., Посполітак Т. Є., Юркевич Є. О. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 268 с.
2. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. Ч.2 / [Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д.]. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 405 с.
3. <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/234-iachmin-iaryi-suchasni-tekhnologii-vyroshchuvannia.html>
4. <https://te.1lib.limited/book/3193177/90cbfa>
5. <https://superagronom.com/articles/354-viroschuvannya-yachmenyu-osoblivosti-tehnologiyi#:~:text=Ярий%20ячмін%20краще%20за%20все,західних%20областей%203-4%20см>
6. <https://superagronom.com/articles/160-7-plyusiv-viroschuvannya-yarogo-yachmenyu-uspishniy-dosvid-gospodarstva-lische>
7. <http://www.semagro.com.ua/info/tehnologija-viroshuvannja-jarogo-jachmenyu-412.html>
8. <https://agrodopomoga.com.ua/uk/news/jarovoj-jachmen-tehnologija-vyraschivanija>
9. <https://propozitsiya.com/ua/yachmin-yariy-realizaciya-potencialu-produktivnosti>
10. <https://agrovio.com.ua/article.php?id=26>
11. https://pidru4niki.com/78629/agropromislovist/intensivna_tehnologiya_viroschuvannya_yachmenyu_yarogo
12. <https://www.5740.ltd.ua/john-deere-sts-9560-9660-9880.htm>

13. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно–тракторного парку в рослинництві: Підручник. –К.: Вища шк., 1995. –237 с.: іл.

14. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

15. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: Підруч. у 2 т: Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. – К. Агроосвіта, 2012. – 434 с.

16. Технологія механізованих робіт в рослинництві. Методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів спеціальності «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» та «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / Укладачі: С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, О.М. Васильковський, П.Г. Лузан, – Кіровоград: КНТУ, 2013. – 86 с.

17. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В.М. Сало, С.М. Лещенко, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко, П.Г. Лузан – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 170 с.

18. Сисолін П.В., Т.І. Рибак, Сало В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2: Машини для рільництва// За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.

19. Кузьмін А.В. та ін. Розрахунки деталей машин: Довідковий посібник, М, 1986.

20. Цілинский В.П. Охорона праці в рослинництві / В.П. Цілинский. – К.: "Урожай", 1991. – 136 с.

					<i>МВЯЯ 00. 000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44