

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Механізація вирощування соняшнику з удосконаленням
конструкції щілиноріза-наповнювача»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи АІ-22мб-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Літвінов Вадим Олегович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____Сергій ЛЕЩЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____Олег БЕВЗ

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

ЗМІСТ

1. Вступ.....	5
2. Існуюча технологія вирощування соняшнику в господарських умовах.....	7
3. Операційна технологія основного обробітку ґрунту.....	24
4. Інженерна частина.....	36
5. Охорона праці.....	49
6. Висновок	52
Список використаної літератури	54
Додатки.....	57

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ВСТУП

Збереження родючості ґрунтів та ефективна протидія водній і вітровій ерозії є головними умовами забезпечення стабільного зростання врожайності сільськогосподарських культур. Водна ерозія становить серйозну загрозу аграрному виробництву, оскільки призводить до втрати значних площ цінних сільськогосподарських земель, зниження їх продуктивності, замулення річкових систем і водойм, розвитку ярів та зміни гідрологічного режиму всіх прилеглих до полів територій.

За інформацією ряду дослідників, що підтверджується і агровиробниками [2...5], щорічно на території країн Східної Європи змивається до 1,8 мільярда тон ґрунту, придатного для ведення сільського господарства. Разом із ним втрачається значна кількість поживних елементів: орієнтовно 1,2 млн тон азоту, до 0,6 млн тон фосфору та приблизно 12 млн тон калію, причому у таких формах, що легко засвоюються культурними рослинами та могли б сприяти отриманню високих врожаїв.

В Україні майже половина орних угідь розташована на схилах з ухилом від 1 до 9° і більше, де ерозійні процеси особливо інтенсивні. Ситуацію ускладнюють періоди нерівномірного зволоження та висока інтенсивність стоку талих і дощових вод, що призводить до руйнування верхнього, найбільш родючого шару ґрунту і, відповідно, до загальної зменшення врожайності сільськогосподарських культур. У наукових колах розроблено широкий спектр методів боротьби з ерозією, зокрема ефективність агротехнічних прийомів доведена практикою. Однак впровадження таких заходів є недостатньо ефективним через обмежену кількість спеціалізованої техніки, а також невідповідність окремих сільськогосподарських машин чинним агротехнічним вимогам.

					<i>ВСКЩ 00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Літвінов</i>			<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Леценко</i>					5	
<i>Реценз.</i>						<i>ЦНТУ, гр. АІ-22мб-1</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Мачок</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Васильковський</i>						

Крім того, для виконання певних заходів із захисту ґрунтів від ерозії на сьогодні взагалі відсутні відповідні механізовані засоби і технології. Щоб розв'язати цю проблему, необхідно провести наукові дослідження, які дадуть змогу обґрунтувати параметри конструктивних елементів таких машин.

Водночас уже існують спроби створення спеціалізованої техніки для протидії водній ерозії. Наприклад, деякі промислові виробники агротехніки виготовляють агрегати типу щілиноріза-заповнювача ЩЗН-1,5. У базовому фермерському господарстві такий агрегат використовується для обробітку ерозійно небезпечних площ, що розташовані на схилах і поблизу водойм. Водночас експлуатація такого щілиноріза виявила низку недоліків, серед яких – недостатня продуктивність та незадовільна якість заповнення щілин мульчуючим матеріалом.

Отже, метою цієї кваліфікаційної роботи є вдосконалення технології вирощування соняшнику шляхом поліпшення конструкції щілиноріза-заповнювача, що сприятиме підвищенню ефективності його роботи та якості виконання протиерозійних заходів.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ІСНУЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В ГОСПОДАРСЬКИХ УМОВАХ

2.1. Характеристика культури соняшник, її морфологічні та біологічні особливості

Соняшник є основною олійною культурою, яку вирощують на території України. Він займає близько 70% загальної площі, відведеної під олійні культури, та забезпечує приблизно 85% їхнього валового збору. Із насіння соняшнику виробляється майже дві третини всієї продукції рослинної олії в країні.

Соняшникова олія має вагоме значення для народного господарства. Її споживають у натуральному вигляді як харчовий продукт, а також широко застосовують у харчовій промисловості, текстильному виробництві, парфумерній, лакофарбовій та інших галузях. Вона є основною сировиною для виготовлення маргарину, мила, лінолеуму, оліфи, стеарину тощо.

Продукти переробки насіння соняшнику, зокрема макуха та шрот, становлять цінні компоненти кормів для сільськогосподарських тварин. Крім того, соняшник вирощують також для заготівлі зеленої маси та силосу.

Як уже зазначалося, соняшник є ключовою олійною культурою в Україні. Його частка у структурі державних закупівель насіння олійних культур становить близько 96%, а у загальному виробництві олії – понад 98%.

Насіння цієї культури характеризується високим вмістом олії – від 50 до 56% (у перерахунку на суху речовину), а також протеїну – близько 16,5%. Соняшникова олія вирізняється високою харчовою цінністю: її засвоюваність становить 86–91%, калорійність – 929 ккал. Вона багата на біологічно активні речовини, зокрема ліноленову кислоту (до 62%), а також вітаміни А, D, Е, К. Вищі сорти використовуються у харчовій промисловості, зокрема у виробництві маргарину, кондитерських виробів та консервів, а нижчі – у технічних цілях, для виготовлення мила, лаків, фарб тощо.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі переробки соняшникового насіння на олію утворюється побічна продукція – приблизно 33% макухи, яка має високу кормову цінність. Вона містить 33–36% білкових речовин, 5–7% жирів, а також багатий комплекс мінералів і вітамінів. Кошки соняшнику, які складають близько 56–60% від загальної маси врожаю, після обмолоту також використовують як корм для великої рогатої худоби та овець. За поживною цінністю вони наближені до сіна.

Лузга, що становить 16–22% від маси насіння, служить сировиною для промислового виробництва етилового спирту, кормових дріжджів і фурфуролу. Останній, у свою чергу, застосовується у виготовленні пластмас, штучного волокна та інших хімічних продуктів.

Крім основного призначення, соняшник широко вирощують і як кормову культуру. Його зелена маса, особливо у змішаних посівах з бобовими рослинами, використовується як корм для жуйних тварин, а також піддається силосуванню.

З одного гектара посівів соняшнику за урожайності 20 центнерів на гектар можна отримати до 10 центнерів олії, 8 центнерів шроту або макухи, 12 центнерів сухих кошиків, 4 центнери лузги та до 35–40 кілограмів меду.

Соняшник вважається однією з найбільш рентабельних технічних культур в Україні. У 2023 році загальна площа посівів цієї культури в Кіровоградській області становила 1431,3 тис. гектарів. При середній урожайності 11,85 центнерів з гектара валовий збір насіння сягнув 4793,4 тис. тон. Окрім Кіровоградщини, значну частку виробництва забезпечують також Дніпропетровська, Запорізька та Харківська області, які разом формують близько двох третин від загального обсягу виробництва соняшнику в Україні.

Соняшник належить до родини айстрових (Asteraceae) та відноситься до роду *Helianthus*. Вирізняють два основні різновиди цієї культури – культурний (*Helianthus cultus* Wenzl) та дикорослий (*Helianthus ruderalis* Wenzl). Серед культурного виду виділяють два підвиди: посівний (subsp.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

sativus) та декоративний (subsp. ornamentalis). Посівний соняшник, який є основною польовою формою, відноситься до однорічних рослин (рис. 1).

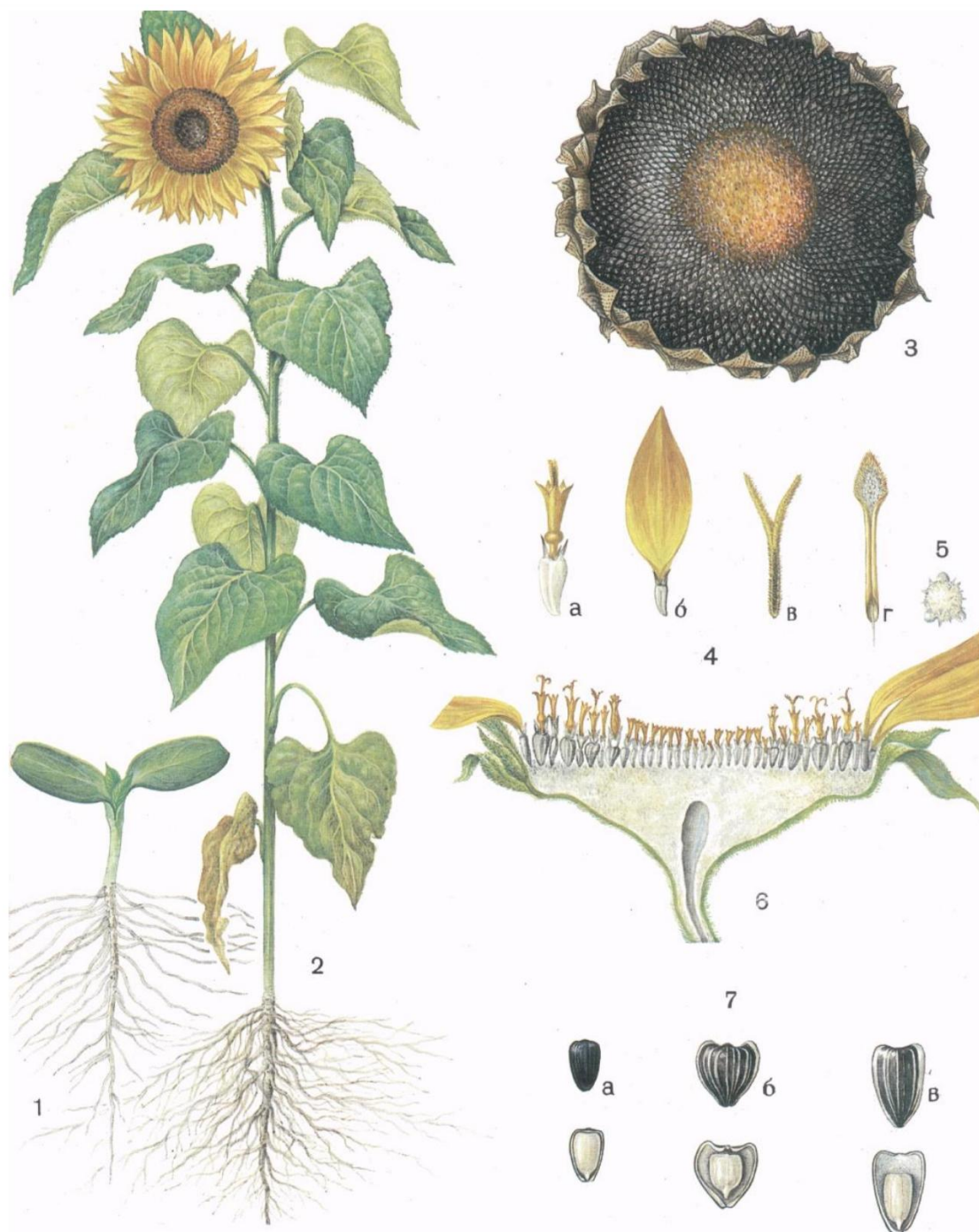


Рис. 1. Біологічні та морфологічні властивості сільськогосподарської культури соняшник:

1, 2 – рослини у фазах сходів і цвітіння; 3 – зрілий кошик; 4 квітки і їх органи: трубчаста (а) і язичкова (б), маточка (в), пильник (г); 5 – пилокве зерно (збільшене); 6 – суцвіття в розрізі; 7 – плоди цілі й у розрізі соняшника олійного (а), межеумка (б) і лузального (в).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСКЩ 00.000 ПЗ

Арк.

9

Його коренева система має стрижневу будову, проникає в ґрунт на глибину до 2–4 метрів і може розгалужуватися горизонтально до 100–120 см. Стебло пряме, міцне, з жорсткими волосками, наповнене губчастою серцевиною, досягає висоти від 0,7 до 2,5 м, у силосних форм може виростати до 3–4 м і більше. Також існують карликові сорти, висота яких становить у межах 50–70 см.

Листя рослини велике, черешкове, щільно опушене. Листкові пластинки, як правило, мають овально-серцеподібну форму із зазубреними краями. Нижнє листя розташоване супротивно (1–2 пари після сім'ядоль), тоді як решта листків – почергові. На одній рослині, залежно від стиглості сорту чи гібриду, формується від 15 до 25 листків у ранньостиглих форм і понад 30–35 у пізньостиглих.

Суцвіттям соняшнику є кошик, що має вигляд опуклого або плоского диска, діаметром до 20 см і більше (рис. 1, (3, 6)). Його обрамлюють кілька рядів недорозвинених листків, які виконують захисну функцію. По краю кошика розміщені великі язичкові квітки, розташовані попарно в один ряд. Ці квітки зазвичай безплідні (не мають статевих органів або мають недорозвинену приймочку) та мають яскраве оранжево-жовте забарвлення, що приваблює запилювачів.

У центрі кошика на квітколожі розташовані трубчасті двостатеві квітки, які мають прицвітники з жорсткими зубчастими краями. Кожна квітка має п'ятизубчастий віночок (від світло-жовтого до темно-оранжевого кольору), п'ять тичинок із вільними нитками та зрослими в кільце пиляками, а також маточку з нижньою одногніздою зав'яззю. Приймочка дволопатева (рис. 1, (4)). За сприятливих умов у одному кошику може утворюватись до 1000–1200 квіток.

При загущенні посівів і запізненні з проріджуванням на фазі 3–5 пар листків у середньоранніх сортів і 5–7 – у середньопізніх, кількість квіток помітно зменшується. Саме в цей період (друга–третя тиждень після появи

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сходів) у рослини відбувається закладка репродуктивних органів – точка росту формує квіткові зачатки, що визначає майбутній урожай. Тому рослини в цей час потребують особливо ретельного догляду.

Розкриття трубчастих квіток відбувається поступово – з периферії до центру кошика. Повний період цвітіння однієї рослини зазвичай триває 8–10 днів.

Соняшник належить до рослин, що запилюються переважно перехресно. Це зумовлено тим, що пиляки визрівають раніше, ніж приймочки, що забезпечує перехресне запилення. Водночас у польових умовах частина квіток може залишитися не запиленою, що призводить до пустозерності й зниження врожайності. Якщо незапліднені насінини концентруються в центрі кошика, це вказує на водний дефіцит у ґрунті, а якщо розподілені нерівномірно – на недостатню активність запилювачів, зокрема бджіл. Вивезення вуликів на посіви соняшнику значно знижує пустозерність і покращує формування повноцінного врожаю.

Плід соняшнику має форму сім'янки, яка характеризується дерев'янистою плодовою оболонкою (оплоднем), не зрощеною з насінною. Саме насіння, або ядро, покриває тонка, прозора шкірочка. Зовнішня частина плоду – лузга – зверху вкрита епідермісом, що може мати різні кольори: від білого, сірого та чорного до фіолетового чи коричневого.

Для сучасних сортів та гібридів олійного соняшнику важливим структурним елементом є так званий панцирний шар у луззі. Цей шар утворений кількома рядами здерев'янілих клітин склеренхіми та містить фітомелан – речовину з високим вмістом вуглецю (до 76 %), яка не розчиняється у воді, кислотах або лугах, забезпечуючи ефективний захист насіння від пошкодження шкідниками, зокрема соняшниковою міллю.

Культурний соняшник класифікують на три основні морфологічні типи.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лузальний тип має масивне стебло заввишки до 4 метрів, великі листки та великі кошики (від 17 до 46 см у діаметрі). Його сім'янки мають товсту оболонку, а ядро займає приблизно половину внутрішнього об'єму. Маса 1000 сім'янок становить 100–200 г, а вміст лузги – 46–56 %. Вміст олії у насінні низький.

Олійний тип характеризується стеблом середньої товщини заввишки 1,5–2 метри. Сім'янки менші за розміром, з тонкою лузгою, при цьому ядро повністю заповнює внутрішній простір. Маса 1000 насінин – 50–100 г, лузжистість – 22–30 %, а вміст олії у високоврожайних сортах і гібридах може сягати 48–50 %.

Межеумок є проміжним типом і поєднує характеристики лузального й олійного соняшнику. За розмірами стебла, листя та кошиків він наближений до лузального, а виповненість сім'янок у нього подібна до олійного типу.

Форми культурного олійного соняшнику були сформовані в умовах степів Центральної та Південної України, де влітку переважає висока температура і низька відносна вологість повітря. Попри це, культура має значну адаптивність до різних умов вирощування.

Соняшникове насіння починає проростати вже за температури +3...+5 °С, хоча найсприятливішими умовами для цього процесу є температура близько +20 °С. За таких умов сходи з'являються приблизно на 7–8 добу після висіву. Загальна сума активних температур, необхідна від моменту посіву до появи сходів, коливається в межах 140–160 °С. Протягом усього вегетаційного періоду потреба в теплі становить 1600–1800 °С для ранньостиглих сортів і до 2000–2300 °С – для пізньостиглих.

У фазу цвітіння та наливу насіння найкраще соняшник розвивається за температури повітря 25–27 °С. Підвищення температури до 30 °С і вище чинить негативний вплив на фізіологічні процеси рослини, а при 40 °С повністю припиняється процес фотосинтезу. Весняні приморозки до –5...–6 °С хоч і не спричиняють суттєвої загибелі рослин, проте помітно

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

уповільнюють їхній розвиток. Осінні ж заморозки до -3°C уже можуть бути фатальними для культури.

Соняшник вважається стійкою до посухи культурою, але при цьому має високий коефіцієнт водоспоживання – від 450 до 570, а за несприятливих умов може сягати й 700. Така потреба у воді частково задовольняється добре розвиненою кореневою системою, здатною проникати на значну глибину, однак це може спричинити дефіцит вологи в ґрунті для наступної культури в сівозміні. Загальна кількість води, яку споживає соняшник протягом вегетації, становить 3000–6000 тон на гектар.

Найбільш критичним періодом щодо забезпечення вологою є фаза цвітіння та наливання насіння. Саме в цей час формується потенційна врожайність культури. При дефіциті вологи в цей період спостерігається значне зменшення заповненості кошика, підвищення пустозерності, а також зниження маси та якості насіння. Такі прояви характерні для вирощування соняшнику в регіонах з посушливим кліматом. Проведення зрошення в другій половині вегетації може істотно покращити показники врожайності та підвищити вміст олії у насінні.

Найкраще соняшник розвивається на родючих, добре аерованих ґрунтах. Оптимальними для вирощування є чорноземи легкого та середнього гранулометричного складу – супіщані й суглинкові з нейтральною або слабколужною реакцією ґрунтового розчину (рН 6,7–7,2). Основні посівні площі в Україні зосереджені саме на таких ґрунтах, включаючи сірі лісові ґрунти у Лісостепу. Натомість на важких, безструктурних та ущільнених землях соняшник зростає повільно, особливо в початковий, ювенільний період, і потребує додаткових агротехнічних заходів. Малоприсадибними для культури вважаються піщані, засолені та надмірно кислі ґрунти.

Соняшник є культурою, що потребує інтенсивного освітлення. Недостатня кількість світла, спричинена затіненням або тривалою похмурою погодою, негативно впливає на молоді рослини, уповільнюючи їхній розвиток,

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

спричиняючи утворення дрібного листя та зменшення розміру кошиків, що, у свою чергу, знижує урожай. Ця культура належить до рослин короткого дня, і чим далі на північ відбувається її вирощування, тим довше триває період вегетації.

Життєвий цикл соняшнику від моменту сівби до повного дозрівання насіння поділяється на такі етапи: поява сходів, формування першої пари справжніх листків, утворення кошика, цвітіння і досягання. У середньостиглих сортів і гібридів ці фази тривають орієнтовно так: 14–16 діб від сівби до сходів, 37–43 діб – до початку формування кошика, ще 27–30 діб до цвітіння, і 44–50 діб – до повного дозрівання. У ранньостиглих форм ці періоди коротші, тоді як у середньопізніх – довші.

Загальний вегетаційний період гібридів і сортів, поширених в Україні, становить від 80 до 130 днів.

На початкових етапах розвитку – до утворення 2–3 справжніх пар листків – соняшник росте досить повільно. У цей час активно розвивається стрижневий корінь, який походить із зародкового і росте вглиб ґрунту в 2,7–2,9 рази швидше, ніж наземна частина рослини. Після цього ріст стебла пришвидшується, досягаючи піку – 3–5 см на добу – в період між формуванням кошика і початком цвітіння. Протягом фази цвітіння ріст у висоту сповільнюється й остаточно припиняється після завершення цього етапу.

У скоростиглих сортів формування кошика починається вже за наявності двох пар листків, у середньостиглих – за трьох-п'яти. Тривалість цвітіння одного кошика становить 8–10 днів, а його ріст триває до моменту пожовтіння. Найактивніше збільшення розмірів спостерігається протягом 8–10 днів після завершення цвітіння. Наливання насіння відбувається протягом 32–42 діб після запліднення.

Сорти та гібриди соняшнику. В Україні активно вирощують високоврожайні сорти та гібриди соняшнику, які мають підвищений вміст олії

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

у насінні, характеризуються низькою лузжистістю (у межах 22–27 %) та стійкістю до основних захворювань і шкідників.

Залежно від тривалості вегетаційного періоду, сорти та гібриди соняшнику класифікують на кілька груп: середньостиглі (120–140 днів), середньоранні (110–130 днів), ранньостиглі (100–120 днів) і скоростиглі (80–100 днів). Станом на сьогодні в Україні офіційно зареєстровано понад 70 сортів і гібридів цієї культури.

Основні площі під соняшником займають сорти та гібриди олійного напрямку. У степових і лісостепових регіонах найбільш поширеними є такі середньостиглі сорти й гібриди, як Харківський 3, Запорізький кондитерський, СПК; середньоранні – Харківський 58, Казіо, Одеський 504, Одеський 123, Оріон; ранньостиглі – Одеський 249, Одеський 122; скоростиглі – Харківський 49 та Одеський 149.

Скоростиглі форми, як правило, мають нижчі показники врожайності та вмісту олії порівняно з ранньостиглими та середньостиглими аналогами. Проте завдяки короткому вегетаційному періоду їх доцільно використовувати на півдні країни для повторного вирощування, особливо за умов зрошення.

Для підвищення стабільності врожайності та ефективності використання сільськогосподарської техніки й природно-кліматичних ресурсів регіону, доцільно вирощувати одночасно кілька (два-три) сортів або гібридів соняшнику.

2.2. Існуюча технологія вирощування соняшнику в базовому господарстві

Сучасна технологія вирощування соняшнику, орієнтована на екологічну безпеку та економію ресурсів і енергії, включає чітке й своєчасне виконання комплексу механізованих агротехнічних заходів, спрямованих на забезпечення оптимальних умов для росту і розвитку культури протягом усього вегетаційного періоду.

					<i>ВСКЩ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

Дослідження показали, що при повторному вирощуванні соняшнику на одному й тому самому полі через проміжок у 8–10 років ризику ураження посівів хворобами та шкідниками практично зводяться нанівець. Натомість скорочення цього інтервалу до 4–5 років істотно підвищує загрозу фітопатологічного ураження рослин, що негативно позначається на рівні врожайності та якості зібраного насіння.

Найкращими попередниками для соняшнику вважаються культури, після яких у ґрунті залишається значний запас вологи та поживних речовин. У зоні Степу найбільш продуктивними є сівозмінні ланки, де соняшник вирощується після озимої пшениці або кукурудзи. Недоцільним є висівання цієї культури після цукрового буряка, ячменю чи вівса, оскільки це може призвести до зниження урожайності.

Якщо соняшникове насіння призначене для харчового використання або для сівки, його необхідно ретельно очистити від механічних домішок та довести до встановлених стандартів за рівнем вологості та чистоти.

Процедура очищення забезпечує не лише підвищення товарної якості насіння, а й зменшує втрати при зберіганні за рахунок створення кращих умов для збереження посівних якостей та зменшення ризику псування.

В залежності від мети використання та строків зберігання насіннєвого матеріалу, застосовують різні етапи очищення – попередню, первинну та остаточну (вторинну) очистку вороху.

Для використання у якості посівного матеріалу насіння повинне відповідати певним критеріям: бути однорідним, мати високу масу 1000 насінин, схожість на рівні не нижче 90–95 % і чистоту щонайменше 98 %. Досягнення таких показників забезпечується завдяки застосуванню основної очистки насіннєвого вороху.

Операції луцення стерні

Мета проведення луцення стерні полягає в заробці поживних решток, знищенні бур'янів шляхом їх підрізання, а також у стимулюванні проростання

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

насіння бур'янів з подальшим їх знищенням під час основного обробітку ґрунту. Окрім цього, операція забезпечує розпушування верхнього шару ґрунту, що сприяє зменшенню втрат вологи через випаровування та покращує поглинання атмосферної вологи. Також завдяки луценню покращується структура обробленого шару, що дозволяє знизити тягове зусилля при основному обробітку на 30%. Важливо й те, що під час цього процесу знищується значна частина збудників хвороб та шкідників сільськогосподарських культур.

Після зайнятого пару доцільним є використання поверхневого обробітку за допомогою дискових луцильників. Експериментальні дані свідчать, що на ділянках, де виконувалося луцення, насіння бур'янів проростає у 3,5 рази менше, ніж на необроблених полях. Це пояснюється тим, що насіння бур'янів, потрапляючи у вологий ґрунт, часто піддається руйнівному впливу ґрунтових мікроорганізмів ще до висихання.

Агротехнічні вимоги до проведення луцення стерні:

- Операцію необхідно виконувати одразу після збирання попередньої культури без значних затримок у часі, оскільки в разі затримки волога з ґрунту випаровується в 3–4 рази інтенсивніше. Максимальний дозволений інтервал між збиранням культури і проведенням луцення – не більше одного дня.
- Допустиме відхилення по глибині обробітку – не більше $\pm 1,5$ см.
- Повне (100%) підрізання бур'янів – обов'язкова вимога.
- Кількість стерні, що залишилася незаробленою, не повинна перевищувати 4%.
- Допустима висота гребенів і глибина впадин – до 4 см.
- Перекриття між суміжними проходами агрегатів має становити 15 см.
- Пропуски або необроблені смуги не допускаються.
- Глибина розвальної борозни та висота завального гребеня не повинні перевищувати встановлену глибину обробітку.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- Після проходу агрегату не менше 55% стерні повинно залишатися на поверхні поля.
- Робочий хід агрегатів повинен бути вздовж довгої сторони ділянки, а на схилах – впоперек напрямку схилу, незалежно від розмірів поля.
- Максимальна допустима швидкість руху агрегату з дисковим лушильником становить 2,8 м/с (що відповідає 10,08 км/год).

Поверхня поля після виконання операції повинна бути рівною, а верхній шар ґрунту – дрібногрудкуватим.

Варіант комплектації агрегату в господарстві для лушення: трактор ДТ-75М у поєднанні з лушильником ЛДГ-10. Передбачена глибина обробітку – 6 см, кут атаки дисків – 35°.

Система удобрення соняшнику

Для формування 1 центнера врожаю насіння соняшнику з ґрунту виноситься орієнтовно 6,5 кг азоту, 15,5 кг калію та 2,7 кг фосфору. У межах господарства найбільш ефективним є застосування фосфорних добрив у поєднанні з азотними у співвідношенні N30P60.

Перевезення мінеральних добрив здійснюється за допомогою автомобіля ГАЗ-53. Навантаження та розвантаження матеріалів проводяться вручну. Внесення добрив виконується агрегатом на базі трактора МТЗ-80, що працює в агрегаті з відцентровим розкидачем МВУ-0,5. Робоча швидкість агрегату може сягати до 12 км/год.

Агротехнічні вимоги до процесу внесення добрив:

- Допустима нерівномірність розподілу добрив не повинна перевищувати $\pm 25\%$.
- Відхилення фактичної норми внесення від розрахункової не має бути більше ніж $\pm 10\%$.
- Вологість мінеральних добрив має відповідати чинним стандартам.
- Між проходами агрегату не повинно бути пропусків.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- У зонах стику міжрядь перекриття може досягати максимум 5% ширини захвату розкидача.
- На розворотних смугах не допускається залишати необроблені ділянки.

Операції основного обробітку ґрунту

Основний обробіток ґрунту проводять після появи сходів бур'янів, зазвичай не пізніше ніж через 15–20 днів після здійснення лушення стерні. Глибока оранка сприяє істотному зменшенню засміченості поля як однорічною, так і багаторічною бур'янистою рослинністю.

Агротехнічні норми виконання оранки:

- Допустиме відхилення середньої глибини обробітку не повинно перевищувати 1–2 см від встановленої;
- Ґрунт необхідно якісно обертати, подрібнювати на дрібні частини та щільно укладати без формування порожнин;
- Зорана поверхня має бути рівною, без значних борозен, надмірно високих гребенів чи зазорів між проходами плуга;
- Максимальна висота гребеня не повинна перевищувати 3–5 см;
- Усі бур'яни, пожнивні рештки та добрива мають бути повністю заробленими в ґрунт;
- Пропущені ділянки та незорані клини на поверхні поля є неприпустимими.

Для виконання оранки використовується у базовому господарстві машинно тракторний агрегат у складі енергозасобу Т-150 і плуга ПЛН-5-35. Обробіток проводиться на глибину не менше 28 см, а робоча швидкість агрегату становить до 10 км/год.

Ранньовесняне боронування поля

Процес боронування починається лише після того, як робочі органи машин перестають залипати вологим ґрунтом і агрегати мають змогу безперешкодно працювати в полі. Боронування проводять перпендикулярно

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

до напрямку попередньої операції – оранки з метою зменшення втрат ґрунтової вологи та вирівнювання мікрорельєфу поля.

Агровимоги до боронування:

- Робочі органи повинні рівномірно розпушувати верхній шар ґрунту на глибину 5–8 см, ефективно подрібнюючи грудки.
- Розмір грудок після проходу борін не повинен перевищувати 5 см за нормальної вологості ґрунту.
- Допустима висота гребенів після боронування – не більше 3 см.

Склад машинно-тракторного агрегату для боронування: трактор Т-150 + зубова борона СГ-21 у поєднанні з боролами БЗСС-1 у кількості 7 одиниць.

Передпосівна культивуація

Ця технологічна операція спрямована на створення сприятливих умов для проростання насіння та подальшого розвитку рослин, а також на знищення бур'янів, що з'явилися на поверхні поля.

Агротехнічні вимоги до культивації:

- Обробка ґрунту має здійснюватися рівномірно на глибину посіву, при цьому поверхня повинна бути дрібнокомкуватою.
- Відхилення глибини обробітку не повинно перевищувати ± 1 см.
- Глибина борозен та висота гребенів після обробітку мають бути не більше 4 см.

Склад агрегату для культивації: трактор ДТ-75М в агрегатів із зчіпкою СП-11 та двома культиваторами-рослинопідживлювачами КРН-4,2. Робоча швидкість агрегату становить від 5 до 11 км/год.

Завантаження і транспортування насіння і добрив

Насіння для сівби завантажується в автотранспортні засоби з накопичувального бункера зерноочисного комплексу ЗАВ-20, який встановлений на території току господарства.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевезення насіннєвого матеріалу у господарстві здійснюється автомобілем ЗІЛ-ММЗ-554М, а мінеральні добрива транспортуються машиною ГАЗ-53. Завантаження сівалок відбувається вручну.

Сівба соняшнику

Для сівби соняшника використовують великонасіннєвий, однорідний посівний матеріал із показниками схожості не нижче 90–95 % та чистотою не менш як 98 %.

Висів здійснюється пунктирним способом із точним розміщенням насіння на визначену відстань у рядках при міжрядді 70 см.

Основні агротехнічні вимоги:

- допустиме відхилення від заданої норми висіву насіння – не більше ± 4 %;
- для гранульованих мінеральних добрив допускається відхилення від встановленої норми внесення в межах ± 10 %;
- відхилення середньої глибини загортання насіння не повинно перевищувати ± 1 см;
- на поверхні поля не повинно залишатися незагорнутого насіння;
- розбіжність у ширині міжрядь при суміжних проходах сівалок не повинна перевищувати ± 2 см;
- недосіяні ділянки та накладення рядків (пересіви) не допускаються.

Комплектація агрегату для виконання посівних робіт: трактор ЮМЗ-6 у комплекті з універсальною пневматичною сівалкою СУПН-8А.

Проведення досходового і післясходового боронування посівів соняшнику

Боронування є обов'язковим агротехнічним прийомом у догляді за посівами соняшнику, який виконується як до, так і після появи сходів.

Досходове боронування проводять середніми боронами приблизно через 5-6 днів після посіву. На цьому етапі сходи соняшнику вже знаходяться на достатній глибині, щоб зуби борони не завдали їм шкоди. Важливо, щоб

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

бур'яни в цей час перебували у стадії «білої ниточки», що забезпечує їх ефективне знищення робочими органами борін.

Післясходове боронування соняшнику здійснюється у фазі 2-3 пар справжніх листків. Для мінімізації пошкодження молодих рослин, які в цей період є доволі крихкими, операцію проводять у дні зі зниженою відносною вологістю повітря.

Для виконання робіт по боронуванню посівів соняшнику використовується агрегат, що складається з трактора Т-150, зчіпки СГ-21 та семи зубових борін БЗСС-1.

Операції догляду за посівами соняшнику в господарстві

Інтенсивність обробітку ґрунту визначається рівнем забур'яненості поля та ступенем його ущільнення. Перша культивуація проводиться на глибину 10-12 см. Це початкове глибоке розпушування є важливим заходом, оскільки воно не лише запобігає появі поверхневих тріщин і сприяє збереженню ґрунтової вологи, але й мінімізує утворення великих грудок під час наступних обробітків.

Після першої обробки, глибина заглиблення робочих елементів культиватора поетапно зменшується до 8-10 см. Загалом передбачається три міжрядні культивуації посівів соняшнику, для яких застосовується агрегат у складі трактора ЮМЗ-6 разом із культиватором-рослинопідживлювачем КРН-5,6.

Операції збирання і післязбирального обробітку врожаю соняшнику

Збирання соняшнику відбувається у фазі повної стиглості рослин. Цей етап настає, коли 12-16% рослин мають жовті та жовто-бурі кошики, а 85-88% – бурі та сухі. Оптимальний час для початку збиральних робіт – досягнення середньої вологості насіння 12-14%.

Підготовчі заходи до збирання розпочинаються за 2-3 дні: поле обкошують, розбивають на загінки, а також прокладають транспортні та

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розвантажувальні магістралі. Для безпосереднього збирання використовуються зернові комбайни, оснащені спеціальними пристроями для роботи із соняшником, наприклад, комбайн John Deere STS 9770 з жаткою для збирання соняшника Moresil GBE900.

Налаштування жатки є головним моментом якісної роботи агрегату, так передні кінці стеблопідіймачів жатки мають бути розташованими на 10-15 см нижче полеглих кошиків.

Для перевезення зібраного насіння соняшнику від комбайна до току застосовуються автомобілі, що є в наявності у господарстві, зокрема ЗІЛ-ММЗ-555, з вантажопідйомністю 4 тони. Відстань транспортування зазвичай не перевищує 5 км. Середня швидкість руху з вантажем становить до 30 км/год, тоді як без вантажу автомобіль рухається близько 40 км/год.

Зібраний соняшник, що надходить на токи після збирання, являє собою суміш, яка містить не лише насіння основної культури, а й домішки: насіння інших сільськогосподарських культур, бур'янів, комах, рослинні рештки, а також мінеральні та металеві включення.

Продовольче насіння підлягає очищенню від домішок. Насінневий матеріал, крім очищення, додатково сортується за розмірами та об'ємною масою. Вимоги до якості такі: вологість продовольчого насіння не повинна перевищувати 16-19%; вміст домішок насіння бур'янів для соняшнику – не більше 8%, а насіння інших культур – не більше 15%.

Попередня очистка вороху соняшнику. Цей етап передбачає видалення значної частини великих та вологих домішок, зниження загальної вологості вороху, а також його підготовку до тимчасового зберігання та подальшого первинного очищення. У випадку високої внутрішньої вологості можливе також направлення насіння на сушіння. Рекомендується, щоб після попереднього очищення кількість домішок зменшилася не менше ніж на 50%. Для цього процесу рекомендовано використовувати зерноочисні машини загального призначення типу ОВС-25, МПО-50, МПО-100 тощо.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Головними завданнями, які висуваються перед основним обробітком ґрунту є його розпушування, а також заробка рослинних решток та добрив у ґрунт. На поверхні поля має бути сформований розпушений шар ґрунту із середньогрудкуватою структурою. Така структура сприяє оптимальному розподілу вологи та мінімізує її випаровування як з поверхні, так і з нижніх горизонтів. Крім того, середньогрудкувата поверхня ґрунту забезпечує належну аерацію ґрунтового середовища. Важливо також, щоб після обробки на поверхні поля не утворювались гребені, оскільки це може призвести до збільшення втрат вологи.

Основна мета безполицевого обробітку ґрунту полягає у створенні оптимальних умов для вирощування сільськогосподарських культур. Це досягається шляхом забезпечення ідеального взаємозв'язку між мікробіологічними процесами в ґрунті, поживним режимом рослин, а також пористістю та вологістю ґрунту.

Запропонований агрегат для безполицевого обробітку ґрунту, що планується до використання у господарстві функціонує наступним чином: під час руху по полю робочі лапи розпушують ґрунт на глибину до 35-40 см, одночасно нарізаючи щілини. Косарка-подрібнювач, що входить до складу агрегату, подрібнює поживні залишки. Через спеціальні дефлектори ці подрібнені рештки спрямовуються безпосередньо у нарізані щілини, формуючи таким чином мульчуючий шар. Цей шар призначений для боротьби з різними проявами ерозії ґрунту.

Основні агротехнічні вимоги до агрегатів для безполицевого обробітку ґрунту

Захист ґрунту та безполицевий обробіток. В Україні захист ґрунту від вітрової та водної ерозії ґрунтується на двох ключових принципах: підтримці грудкуватості верхнього шару ґрунту та збереженні поживних залишок на

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

його поверхні. З цього випливає необхідність переходу від традиційного обертання скиби до ґрунтозахисного безполицевого обробітку.

Агротехнічні вимоги до конструкції знаряддя для основного обробітку.

При розробці конструкції знаряддя для основного обробітку ґрунту враховувалися такі важливі агротехнічні вимоги:

- рівномірність глибини обробітку: середнє відхилення від заданої глибини обробітку не повинно перевищувати ± 2 см.;
- стійкість ходу робочих органів: знаряддя повинно забезпечувати стабільний рух робочих елементів під час виконання операції;
- збереження грудкуватості ґрунту: важливо зберегти грудкувату структуру верхнього шару ґрунту для забезпечення оптимального проникнення повітря та вологи. Після проходу знаряддя не повинно відбуватися збільшення кількості ерозійно нестійких фракцій ґрунту у верхньому шарі;
- заробка рослинних решток та добрив: усі рослинні залишки та внесені добрива мають бути ефективно зароблені у ґрунт;
- висота гребенів: висота утворених гребенів на поверхні поля не повинна перевищувати 7 см.;
- відхилення ширини захвату: допустиме відхилення фактичної ширини захвату агрегату від конструктивної не повинно перевищувати $\pm 10\%$.

Вибір засобу агрегування для безполицевого обробітку ґрунту

Щілиноріз-наповнювач ЩЗН-1,5 є причіпною машиною, призначеною для основного безполицевого обробітку ґрунту. Його робочі органи підіймаються та опускаються в робоче положення за допомогою гідравлічної системи трактора. З огляду на це, вибір відповідного трактора для агрегування з цим культиватором має ґрунтуватися на його тяговому зусиллі.

Відповідно до нормативів агротехнічних швидкостей для ґрунтозахисного обробітку ґрунту, рух агрегату дозволяється в діапазоні

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6-10 км/год. Для роботи в середній частині цього діапазону швидкостей оптимальною є III передача трактора Т-150К, що забезпечує швидкість 7,24 км/год. Варто зазначити, що базовий агрегат Т-150К з плугом ПЛН-5-35 виконує оранку зі швидкістю 7,9 км/год.

Для коректного агрегування необхідно визначити тягове зусилля тракторів на обраній передачі, враховуючи специфічні польові умови. Крім того, необхідно розрахувати тягове зусилля трактора з урахуванням величини підйому (або ухилу) на ділянці. Для цього скористаємося відомою формулою:

$$P_{\text{зак}} = P_{\text{н.зак}} - G_{\text{тр}} \cdot i,$$

де $P_{\text{н.зак}}$ – номінальне тягове зусилля, яке має місце на гаку енергозасобу, для

$$\text{Т-150К} - P_{\text{н.зак}} = 14 \text{ кН};$$

$$G_{\text{тр}} - \text{паспортна вага енергозасобу, для трактора Т-150К} - G_{\text{тр}} = 33,4 \text{ кН};$$

i – дійсний кут нахилу поля, де планується вирощувати соняшник, для розрахунків приймемо усереднене значення $i = 0,03$.

Враховуючи наведені величини, знайдемо розрахункове значення тягового зусилля на III робочій передачі трактора:

$$P_{\text{зак}}^{\text{III}} = 14,0 - 33,4 \cdot 0,03 \approx 13,0 \text{ кН}.$$

Знайдемо максимально допустиму ширину захвату ґрунтообробного агрегату за умови, що трактор буде працювати на III передачі, для чого використаємо залежність:

$$B_{\text{max}} = \frac{P_{\text{зак}}^{\text{III}}}{K_o + R_i},$$

де $P_{\text{зак}}^{\text{III}}$ – розраховане вище тягове зусилля трактора на III передачі, кН;

K_o – величина питомого опору ґрунту, що обробляється, приймемо

$$K_o = 6 \text{ кН/м};$$

R_i – опір додатковий, що виникає під час здійснення робочого ходу агрегатом на підйом, кН/м.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того, щоб розрахувати величину додаткового опору слід використати таку залежність:

$$R_i = \frac{G_m}{B_k} \cdot i,$$

де G_m – паспортна вага сільськогосподарського агрегату, в даному випадку – щілиноріза-наповнювача, $G_m = 11$ кН;

B_k – конструктивна ширина захвату ґрунтообробного агрегату, м.

Після підстановки цифрових значень, маємо:

$$R_i = \frac{11,0}{1,32} \cdot 0,03 = 0,25 \text{ кН/м.}$$

Враховуючи проведені розрахунки, максимальна ширина захвату агрегату для основного безполицевого обробітку складає:

$$B_{max}^{III} = \frac{13}{6 + 0,25} = 2,08 \text{ м.}$$

Розрахуємо величину робочого опору ґрунтообробного агрегату, отримаємо:

$$R_{zp} = (K_o + R_i) \cdot B_{zp} = (6 + 0,25) \cdot 1,32 = 8,25 \text{ кН.}$$

Можемо розрахувати коефіцієнт використання тягового зусилля енергетичного засобу:

$$\eta_{mz} = \frac{R_{zp}}{P_{зак}} = \frac{8,25}{13} = 0,63.$$

Розрахуємо величину змінної продуктивності агрегату для безполицевого обробітку ґрунту, для цього скористаємося формулою:

$$W_{zm} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p,$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату для безполицевого обробітку ґрунту, м;

V_p – швидкість виконання обробітку ґрунту, км/год;

T_p – робочий час зміни, год.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб розрахувати робочу ширину захвату агрегату скористаємося відомою формулою:

$$B_p = B_k \cdot \beta,$$

де B_k – значення конструктивної ширини захвату ґрунтообробного агрегату, м;

β – коефіцієнт, що відображає ширину захвату ґрунтообробного агрегату, для розрахунків приймемо $\beta = 1,05$.

Після підстановки даних визначимо для базового і модернізованого ґрунтообробного агрегату, маємо:

$$B_p^{\bar{}} = 1,75 \cdot 1,05 = 1,83 \text{ м.};$$

$$B_p^M = 1,6 \cdot 1,05 = 1,68 \text{ м.}$$

Для розрахунку робочого часу зміни використаємо таку залежність:

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau,$$

де $T_{зм}$ – час тривалості зміни роботи на етапі проведення обробітку ґрунту, приймемо $T_{зм} = 7$ год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

Після підстановки даних і розв'язку маємо:

$$T_p = 7 \cdot 0,81 = 5,67 \text{ год.}$$

Враховуючи це, змінна продуктивність базового і модернізованого агрегату складає:

$$W_{зм}^{\bar{}} = 0,1 \cdot 1,83 \cdot 7,9 \cdot 5,67 = 8,1 \text{ га/зміну};$$

$$W_{зм}^M = 0,1 \cdot 1,68 \cdot 7,24 \cdot 5,67 = 6,9 \text{ га/зміну.}$$

Для розрахунку витрат пального на операцію обробітку ґрунту скористаємося відомою формулою:

$$Q_{за} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}},$$

де $Q_{зм}$ – витрати дизельного пального енергозасобом за зміну роботи, кг/зміну.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змінну витрату пального можна визначити скориставшись залежністю:

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_3 \cdot t_3,$$

де Q_p – витрати пального за годину роботи агрегату, прийmemo

$$Q_p^{\bar{o}} = 25 \text{ кг/год}; Q_p^M = 18,6 \text{ кг/год};$$

Q_x – витрати пального при роботі агрегату на холостому ході, $Q_x \approx 9,7$ кг/год;

Q_3 – витрати пального під час зупинок агрегату із працюючим двигуном,

$$Q_3 = 3,3 \text{ кг/год};$$

T_p, t_x, t_3 – тривалість робочого часу, холостих проходів агрегату та зупинок із працюючим двигуном відповідно, год.

На етапі розрахунків можемо прийняти, що $t_x = t_3 = 0,665$ год.

Таким чином, підставимо наведені значення і отримаємо для обох технологій обробітку ґрунту:

$$Q_{зм}^{\bar{o}} = 25 \cdot 5,67 + 9,7 \cdot 0,665 + 3,3 \cdot 0,665 = 141,75 + 6,45 + 2,19 = 150,4 \text{ кг/зміну};$$

$$Q_{зм}^M = 18,6 \cdot 5,67 + 9,7 \cdot 0,665 + 3,3 \cdot 0,665 = 105,46 + 6,45 + 2,19 = 114,1 \text{ кг/зміну}.$$

Отже, враховуючи змінні витрати пального розрахуємо витрати пального на гектар під час основного обробітку ґрунту, отримаємо:

$$Q_{га}^{\bar{o}} = \frac{150,4}{8,1} = 18,57 \text{ кг/га};$$

$$Q_{га}^M = \frac{114,1}{6,9} = 16,54 \text{ кг/га}.$$

Таким чином погектарна економія пального в господарстві у випадку впровадження модернізованого способу основного обробітку ґрунту складає:

$$E_{га} = Q_{га}^M - Q_{га}^{\bar{o}} = 18,57 - 16,54 = 2,03 \text{ кг/га}.$$

Якщо ж перевести економію пального у загальну площу посівів соняшнику базового господарства маєм скористатися формулою:

$$E = E_{га} \cdot S_{сон},$$

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де S_{con} – площа посіву соняшнику у господарстві, га.

Для того, щоб зорієнтуватися щодо загальних площ посіву соняшнику оберемо середнє значення цього показника, яке мало місце в господарстві протягом останніх трьох років, отримаємо:

$$S_{con} = \frac{S_{2022} + S_{2023} + S_{2024}}{3} = \frac{1115 + 1284 + 960}{3} = 1120 \text{ га.}$$

Враховуючи середню площу посіву соняшнику, отримаємо загальну економію за паливом при основному обробітку, що складає:

$$E = 2,03 \cdot 1120 = 2273,6 \text{ кг.}$$

На підставі виконаних розрахунків можна стверджувати, що використання агрегату Т-150К зі щілинорізом-наповнювачем ЩЗН-1,5 для безполицевого обробітку ґрунту призведе до значної економії палива порівняно з традиційними способами обробітку ґрунту. Додатковою перевагою є відсутність потреби у подальших операціях із передпосівної підготовки ґрунту та внесення добрив після проходу щілиноріза. Зазначені фактори сприятимуть зростанню ефективності вирощування соняшнику, що, як очікується, матиме позитивний економічний ефект. До того ж використання щілиноріза-наповнювача дозволяє знизити ризики виникнення ерозійних процесів та поліпшить аерацію ґрунтового середовища із збереженням органічної складової в орному горизонті.

Підготовка ґрунтообробного агрегату до роботи

Підготовка щілиноріза-наповнювача до роботи, включно з усіма необхідними регулюваннями, має здійснюватися на спеціальному майданчику. Першочергово перевіряють комплектність, правильність збірки та розміщення робочих органів, їхній технічний стан і міцність кріплення. Важливо також провести змащування обертових деталей та переконатися в надійній затяжці всіх кріпильних елементів. Агрегування щілиноріза з трактором здійснюється за допомогою автоматичної зчіпки.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Встановлення лап-щілинорізів на необхідну глибину оранки виконується в такий спосіб:

- агрегат розміщують на рівній, твердій поверхні;
- щілиноріз піднімають у транспортне положення;
- під колеса трактора та опорні колеса щілиноріза поміщають бруски, що на 1-2 см тонші за бажану глибину обробки;
- щілиноріз опускають у робоче положення;
- положення лап відносно опорних коліс налаштовується за допомогою регульовального механізму, розташованого на останніх. Максимальна глибина обробки може досягати 45 см.
- поперечний перекис рами щілиноріза коригується гвинтовими тягами розкосів навіски трактора;
- повздовжній перекис регулюється зміною довжини центральної тяги навіски трактора.

Підготовка поля до щілювання

За п'ять днів до запланованої операції основного обробки необхідно провести попередній огляд поля для своєчасного початку робіт. У процесі огляду оцінюються такі параметри, як стан ґрунту, рівень забур'яненості, рельєф місцевості, а також стан під'їзних шляхів. Виявлені перешкоди мають бути усунені або відповідним чином позначені.

Для основного обробки поля із застосуванням агрегату з щілинорізем-наповнювачем ЩЗН-1,5 рекомендовано гоновий човниковий спосіб руху з використанням петльових поворотів (рис. 2). Важливим етапом є визначення послідовності обробки окремих загінок та формування детального плану-маршруту для ґрунтообробного агрегату.

Орієнтовний розмір поворотної смуги розраховується за такою формулою:

$$E = 3 \cdot R_{\min} + L_a,$$

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де R_{\min} – величина мінімального радіусу повороту ґрунтообробного агрегату,
м;

L_a – кінематична довжина ґрунтообробного агрегату, м.

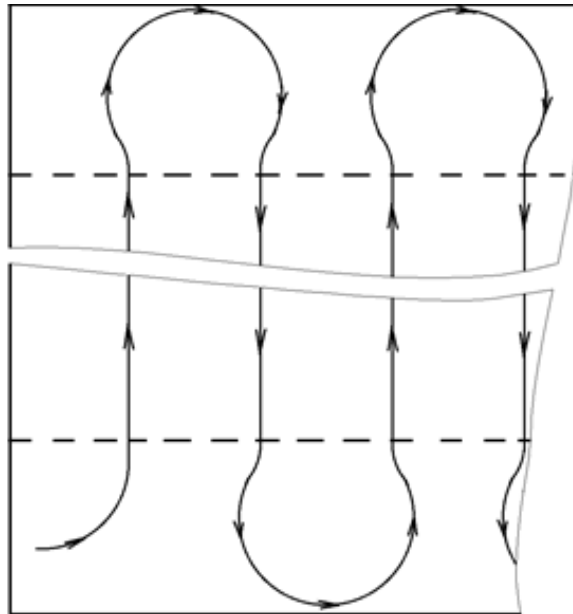


Рис. 2. Загальна схема руху ґрунтообробного агрегату під час основного обробітку ґрунту

З метою визначення мінімального радіусу повороту ґрунтообробного агрегату використаємо відому залежність:

$$R_{\min} = 1,7 \cdot B = 1,7 \cdot 2,4 = 4,08 \text{ м,}$$

де B – ширина захвату щілиноріза-наповнювача (технологічна), м.

Наступний етап роботи – розрахунок кінематичної довжини ґрунтообробного агрегату, що слід зробити за формулою:

$$L_a = L_{mp} + L_{зч} + L_m,$$

де L_{mp} – значення кінематичної довжини енергозасобу, за [3] для трактора

Т-150К кінематична довжина складає $L_{mp} = 0,94$ м;

$L_{зч}$ – значення кінематичної довжини зчіпки, враховуючи те, що даний ґрунтообробний агрегат є одноопераційний, то зчіпка під час його комплектування не використовується;

L_m – кінематична довжина сільськогосподарської машини, для щілиноріза-
наповнювача ЩЗН-1,5 кінематична довжина складає [11], $L_m = 2,4$ м.

Якщо підставити наведені величини, отримаємо кінематичну довжину агрегату

$$L_a = 0,94 + 0 + 2,4 = 3,34 \text{ м.}$$

Проведені розрахунки дозволяють визначити розрахункову величину ширини поворотної смуги

$$E = 3 \cdot 4,08 + 3,34 = 15,58 \text{ м.}$$

За існуючими рекомендаціями, щоб уникнути огріхів під час обробітку поворотних смуг слід її ширину узгодити із кратністю ширини захвату ґрунтообробного агрегату, що має наступний символічний вигляд:

$$E = K \cdot B,$$

де K – кратність проходу по полю ґрунтообробного агрегату.

Перетворення і розв'язок останньої залежності дозволяє отримати такий вираз:

$$K = \frac{E}{B_p} = \frac{15,58}{1,83} = 8,51.$$

Округливши знайдене число до найближчого цілого числа, приймемо $K = 9$ та проведемо уточнення фактичної ширини поворотної смуги, маємо:

$$E = 9 \cdot 1,83 = 16,5 \text{ м.}$$

З ціллю визначення оптимальної величини ширини загінки в полі теж скористаємося необхідністю кратністю її розміру ширини захвату ґрунтообробного агрегату

$$C = \frac{10^4 \cdot (2...3) \cdot W_{зм}}{L},$$

де $W_{зм}$ – визначена вище змінна продуктивність ґрунтообробного агрегату,

$$W_{зм} = 6,9 \text{ га/зміну};$$

(2...3) – змінна тривалість роботи в межах однієї загінки;

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L – середня довжина загінки в межах одного поля, для розрахунків прийmemo $L = 1000$ м.

Таким чином, підставимо числові значення отримаємо ширину загінок на полі:

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 6,9}{1000} = 207 \text{ м.}$$

Врахуємо із якою кратністю знайдену ширину загінок повинен обробити скомплектований ґрунтообробний агрегаті скориставшись формулою:

$$k_3 = \frac{C}{B} = \frac{207}{1,83} = 113,1.$$

Округлимо до найближчого більшого цілого числа і прийmemo $k_3 = 114$ проходів.

Враховуючи проведені розрахунки маємо збільшити ширину загінки, враховуючи кратність проходів агрегату, отримаємо:

$$C_{\text{онт}} = k_3 \cdot B = 114 \cdot 1,83 = 208,62 \text{ м.}$$

Щоб розрахувати сумарну кількість загінок на полі скористаємося залежністю:

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C_{\text{онт}}},$$

де F – загальна площа поля, де проводиться обробіток ґрунту із використанням щілиноріза-наповнювача під вирощування соняшнику, прийmemo $F = 160$ га.

Після підстановки отримаємо:

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 160}{1000 \cdot 208,62} = \frac{1600000}{208620} = 7,7 \text{ шт.}$$

Оберемо кількість загінок на полі $n_3 = 8$.

З метою розрахунку коефіцієнту робочих ходів скористаємося такою рівністю:

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_p = \frac{L_p}{L_p + L_x},$$

де L_p – величина робочої довжини загінки в полі, м;

L_x – значення холостого ходу ґрунтообробного агрегату, м.

Слід мати на увазі, що для обраного ґрунтообробного агрегату прийнято гоновий спосіб руху по полю, для якого відомі такі формули:

$$L_p = L - 2 \cdot E;$$

$$L_x = 6 \cdot R + 2 \cdot l,$$

де l – виїзд агрегату під час проведення обробітку ґрунту, м.

Для розрахунку виїзду агрегату скористаємося залежністю:

$$l = 0,5 \cdot L_a = 0,5 \cdot 3,34 = 1,67 \text{ м.}$$

Проведемо розрахунок робочої довжини загінки, маємо:

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 16,5 = 967 \text{ м.}$$

Враховуючи це, довжина холостого ходу ґрунтообробного агрегату буде дорівнювати:

$$L_x = 6 \cdot 4,08 + 2 \cdot 1,67 = 24,48 + 3,52 = 28 \text{ м.}$$

Із врахуванням знайдених величин, коефіцієнт робочих ходів становить:

$$K_p = \frac{967}{967 + 28} = 0,97.$$

Результати розрахунків свідчать, що коефіцієнт ефективності використання робочого часу є дуже близьким до одиниці для агрегату, що складається із трактора Т-150К та щілиноріза-наповнювача ЩЗН-1,5. Це вказує на високий потенціал продуктивності. Отже, дотримуючись встановлених рекомендацій та показників, можна досягти значної ефективності при роботі з цим агрегатом.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Конструктивні особливості та технологічний процес роботи щілиноріза-наповнювача та напрямки його вдосконалення

Необхідність проведення ґрунтозахисних заходів, особливо під час основного обробітку ґрунту, сьогодні є незаперечною. У другому розділі дипломної роботи детально описано типову технологію вирощування соняшнику, що застосовується в більшості господарств Кіровоградської області. Однак, наголошується, що у випадках посилення водної ерозії, а також на територіях зі значною кількістю низин, пагорбів, ярів або полів, що прилягають до річок чи ставків, доцільним є застосування технології щілювання та мульчування.

Аналіз технічного забезпечення згаданих операцій, а також огляд доступних машин і механізмів, які можуть бути використані для цих цілей, показує, що одним з ефективних методів боротьби з проявами водної ерозії є використання машин, що здатні нарізати щілини для поглинання води, а потім заповнювати їх рослинними залишками (мульчею). Цей підхід дозволяє укріпити щілини, покращити інфільтраційні властивості ґрунту, підвищити утримання вологи та створити сприятливі умови для перегнивання органіки, що сприяє її використанню як добрива.

Спираючись на попередні дослідження [3, 12], можна зробити такі висновки:

- Технологічний процес щілювання з наповненням щілин являє собою комплекс послідовних операцій, що передбачає нарізання щілин у ґрунті із заданою частотою та глибиною, після чого відбувається їх заповнення подрібненими рослинними рештками.
- Існує значна кількість конструкцій ножів-щілинорізів, що виконують функцію нарізання щілин. Для цих цілей найчастіше застосовуються пасивні лапи. Їхні конструктивні відмінності полягають в особливостях будови стояка, долота та механізму формування щілини.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Другий етап цього технологічного процесу – подрібнення рослинних решток та заповнення щілин – характеризується тим, що більшість відомих конструкцій передбачають ущільнення листостеблового матеріалу безпосередньо у щілині або під час подачі подрібненої рослинності у сформовану щілину. Це часто призводить до зависання рослинних решток у верхній частині щілини, перешкоджаючи повноцінному її формуванню.

Після аналізу наведеної ін4формації підтверджується, що одним з найбільш надійних способів реалізації технології щілювання з наповненням щілин мульчею є поєднання в одній машині двох функціональних елементів від різних типів обладнання. А саме: косарки-подрібнювача з направляючим кожухом для подрібнення рослинності та її спрямування у щілини, а також пасивних лап-щілинорізів для утворення щілин з можливістю регулювання їх ширини. Саме такий принцип закладено в основу роботи машини-прототипа ЩЗН-1,5 [11]. Важливо відзначити, що дана конструкція здатна працювати з матеріалом практично будь-якої вологості, що є значною перевагою порівняно з машинами, які потребують попереднього стискання подрібнених рослинних решток [12].

Проте, слід виділити і недоліки щілиноріза-наповнювача ЩЗН-1,5. До них, насамперед, належить низька продуктивність машини та руйнування щілини вже на наступний рік експлуатації. Ці проблеми пов'язані з певними недоліками в механізмі утворення щілини та регулювання її ширини. Отже, метою даної роботи є усунення виявлених недоліків та внесення в конструкцію щілиноріза-наповнювача ЩЗН-1,5 (рис. 3) певних змін, спрямованих на підвищення продуктивності машини та забезпечення більш якісного наповнення щілин мульчею.

З метою збільшення продуктивності машини та з урахуванням того, що водопоглинаючі щілини мають розташовуватися на відстані 0,8–1,5 м одна від одної [12], виникла необхідність забезпечити нарізання двох щілин за один

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прохід агрегату. Це досягається шляхом розміщення двох ножів-щілинорізів по краях машини. Одночасно, конструкція дефлектора повинна бути змінена на роздвоєну, що дозволить точно спрямовувати подрібнений матеріал у щойно утворені порожнини ґрунту.

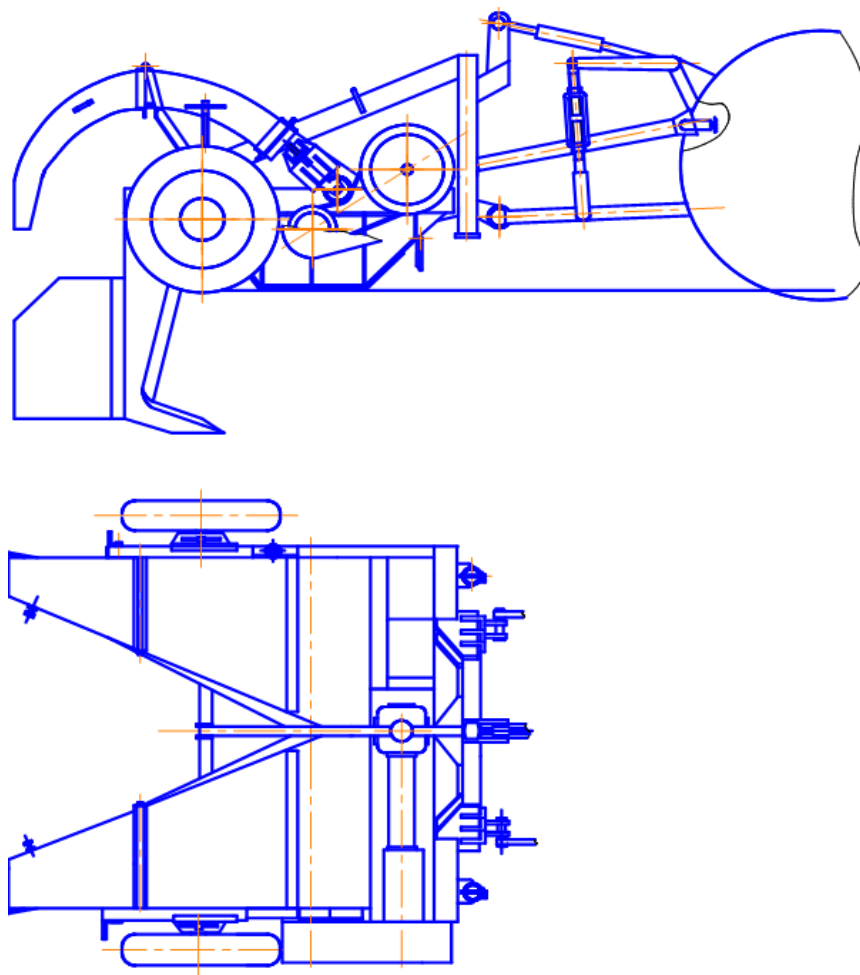


Рис. 3. Функціональна схема щілиноріза-наповнювача ЩЗН-1,5

Базова конструкція машини ЩЗН-1,5 має досить складний механізм регулювання ширини щілини, що призводить до погіршення заповнення водопоглинаючих щілин та їх руйнування вже наступного року. Цей механізм складається з кількох приварених до відвалів пластин, з'єднаних пружинами. Саме ці пружини схильні до швидкого забивання рослинністю, що призводить до втрати їхньої функціональності. Крім того, у міжвідвальному просторі розміщено кілька регулювальних болтів. Таким чином, ця регулювальна

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

конструкція займає майже весь простір між відвалами, що суттєво перешкоджає проходженню мульчі в нижню частину нарізаної щілини.

Для усунення зазначеного недоліку запропоновано відмовитися від складного механізму регулювання, замінивши його звичайною гвинтовою стяжкою. Кріплення гвинтів здійснюється через провусини до боковин відвалів. Такий підхід дозволяє змінювати ширину щілини простим обертанням стяжки, без потреби в додаткових механізмах. При цьому, зона між відвалами залишається практично вільною, що сприяє кращому проникненню подрібненої мульчі до низу водопоглинаючої щілини, більш щільному укладанню матеріалу та підвищенню рівномірності заповнення всього об'єму щілини.

Як наслідок, формування водопоглинаючої щілини з більшою рівномірністю наповнення дозволяє збільшити термін її функціонування з кількох років до 3-4 років. Це, в свою чергу, забезпечує скорочення проявів водної ерозії, підвищує ймовірність отримання стабільних врожаїв та закладає основи ґрунтозахисного землеробства.

Технологічні розрахунки щілиноріза-наповнювача ЩЗН-1,5

Згідно з класифікацією сільськогосподарської техніки, щілиноріз-наповнювач може бути віднесений до категорії комбінованих агрегатів. Це зумовлено тим, що під час його роботи виконується кілька технологічних операцій одночасно. До них належать нарізання щілин, захоплення, подрібнення та спрямування подрібнених рослинних решток у проміжки між щілинами.

Перший етап технологічного процесу реалізується за допомогою ножів-щілинорізів. За інформацією, наведеною у джерелах [12-15], сам процес щілювання є найбільш доцільним після вирощування озимих культур, бобових, багаторічних трав, а також на луках та пасовищах. Існуючі дані щодо вибору оптимальної глибини щілювання та відстані між щілинами суттєво різняться. Це пояснюється впливом таких факторів, як зональні особливості,

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

тип та стан ґрунту, його поверхня після попередника, а також технічне забезпечення господарства для подальших процесів.

Робоча швидкість агрегату повинна бути узгоджена між двома основними етапами технологічного процесу. Це включає нарізання щілин та формування повноцінних боковин для подальшого заповнення мульчею, а також скошування рослинності (в тому числі сидератів) чи підбирання рослинних залишків, їх подрібнення та спрямування у сформовані щілини. Для різних за конструкцією щілинорізів-наповнювачів робоча швидкість варіюється в діапазоні від 3 до 11 км/год [12-15]. Виходячи з інструкції з експлуатації [11] щілиноріза-наповнювача ЩЗН-1,5, приймаємо аналогічну швидкість $V_p = 6,5$ км/год для вдосконаленої машини.

Ширина нарізаної щілини є важливим технологічним показником, за яким оцінюється загальна якість роботи машини. Збільшення ширини щілини призводить до розширення зони деформації ґрунту, покращує його розпушування та створює більш сприятливі умови для наповнення щілини. Проте, збільшення ширини щілини також викликає перевитрату енергії, що, як наслідок, призводить до зниження ширини захвату машини.

На сьогодні не існує єдиної чіткої відповіді щодо оптимальних геометричних параметрів щілин. Ряд виробників зі США та країн Європи [12-15] пропонують формувати вертикальні щілини глибиною близько 0,5 м та з інтервалом до 2 метрів. Вони рекомендують V-подібну форму щілини з розширенням догори, де ширина угорі становить 0,152 м, а внизу – 0,076 м, при цьому відстань між щілинами по осі близько 2 м. На думку цих дослідників та конструкторів, такі параметри сприяють зручному заповненню щілин не лише дрібностебловими, а й крупностебловими рослинними рештками, такими як кукурудза або соняшник.

Вітчизняні дослідники [12] вважають, що щілинорізи мають формувати щілини шириною 150-200 мм. Вони обґрунтовують це тим, що при меншій ширині (40-80 мм), особливо під час наповнення, виникають значні

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ущільнення та забивання. Це пояснюється підвищенням тертям рослинних решток об бічні стінки щілини, що призводить до їхнього зависання у верхній зоні. Досвід експлуатації подібних машин в умовах Центральної України свідчить, що достатня максимальна ширина щілини повинна становити 0,18 м, при цьому необхідно передбачити можливість її регулювання в діапазоні від 0,12 м до 0,18 м.

Іншим важливим технологічним параметром, що впливає на якість процесу, є відстань між стояками ножів-щілинорізів. Думки дослідників щодо цього параметра також суттєво розходяться [12-15], і рекомендовані значення наразі перебувають у широкому діапазоні від 0,5 м до 4 м. Важливо зазначити, що ця відстань здебільшого залежить від агротехнічних вимог до подальших операцій, виду культури, яку планується вирощувати, а також від подальшого використання поля та наявного технічного забезпечення господарства. Попри те, що базова конструкція щілиноріза-наповнювача ЩЗН-1,5 передбачала встановлення лише одного ножа, вже були спроби та обґрунтування (що підтверджується і в даній роботі [12]) формувати одразу дві щілини за один прохід (рис. 4).

Коли врахувати, що базовий ґрунтообробний щілиноріз-наповнювач ЩЗН-1,5 проводить формування за один прохід однієї щілини, то цілком логічно, що відстань між сформованими щілинами відповідає ширині захвату агрегату, тобто $B = L = 1,5$ м. Отже, можемо провести розрахунок загальної продуктивності базового ґрунтообробного агрегату, що припадає на годину основного часу роботи, маємо:

$$W = B \cdot V_m = 1,5 \cdot 6,5 \cdot 1000 = 9750 \text{ м}^2/\text{год} = 0,975 \text{ га}/\text{год}.$$

Щоб збільшити кількість створюваних щілин до двох за один прохід агрегату, зберігаючи при цьому базову ширину захвату машини, рекомендується розташовувати ножі по краях агрегату з обох боків (рис. 4).

Отже, для визначення відстані між щілинами після вдосконалення скористаємося рівнянням:

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

особливо актуальний після розворотів та на старті обробки нової ділянки (рис. 4). Враховуючи наведену інформацію можемо записати:

$$\Delta = L + \frac{L}{2} - \frac{B_k}{2} = 1320 + \frac{1320}{2} - \frac{1850}{2} = 1055 \text{ мм} \approx 1 \text{ м},$$

де B_k – дійсна колія енергетичного засобу, мм.

Отже, якщо забезпечити за один прохід щілиноріза-наповнювача формування двох щілин то реальна ширина захвату модернізованого ґрунтообробного агрегату складає:

$$B_{cp} = B + \frac{L}{2} - \frac{l_{max}}{2} = 1,5 + \frac{1,32}{2} - \frac{0,18}{2} = 2,07 \text{ м}.$$

Тоді враховуючи зміну ширини захвату агрегату можемо розрахувати змінену продуктивність за годину основного часу після вдосконалення щілиноріза-наповнювача, отримаємо:

$$W = B_{cp} \cdot V_m = 2,07 \cdot 6,5 \cdot 1000 = 13455 \text{ м}^3/\text{год} = 1,34 \text{ га/год}.$$

Виконані розрахунки свідчать, що одночасне нарізання двох щілин за один прохід щілинорізом-наповнювачем забезпечує зростання продуктивності майже на 40% порівняно з базовим агрегатом.

Глибина щілин H (рис. 5) є ще одним важливим технологічним параметром, що визначає ефективність роботи щілиноріза. Здатність щілин поглинати воду, а отже, і загальна продуктивність з накопичення вологи, безпосередньо залежать від цієї глибини. З огляду на це, доведено, що вертикальне мульчування з метою вологозбереження та вологопоглинання слід проводити на глибину, що дещо перевищує потужність орного горизонту та є більшою за глибину залягання ущільненого підорного горизонту.

В роботі [12] відмічено, що на сьогодні достатня глибина щілювання становить 40-50 см. Це пов'язано з тим, що подальше збільшення глибини щілин, окрім зайвих енерговитрат, призводить до проникнення вологи значно нижче коренемісного горизонту, що ускладнює її подальше ефективне використання.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на конструкцію прототипу та результати попередніх досліджень [12], пропонується, що для зазначених глибин обробітку достатньою товщиною стояка є $a = 0,04$ м.

Якість входження ножа-щілиноріза в ґрунтове середовище та рівномірність переміщення цього ножа за глибиною напряду визначається кутом його установки β до площини рами агрегату (рис. 6). Для оптимального вибору цього кута слід перевірити роботи лап із кількома варіантами кутів установки ножів, а саме: 65° , 85° та 105° . Ці кути установки також обрані на основі результатів, отриманих із попередніх досліджень [12].

В результаті перевірки в польових умовах роботи, було визначено, що при роботі агрегату на середніх та важких та суглинках, необхідно забезпечити кута установки ріжучої кромки стояка лапи-щілиноріза до рами знаряддя на рівні $\beta = 105^\circ$. Саме при наведених умовах роботи, окрім роботи агрегату із мінімальним опором, на полі відбувається найнижче спучення ґрунту, зокрема на денній поверхні поля. До того ж за таких умов роботи має місце збільшення горизонтальних деформацій, що розповсюджуються в обробленому горизонті, а вертикальні сколювання, які виникають спрямовуються вглиб поля.

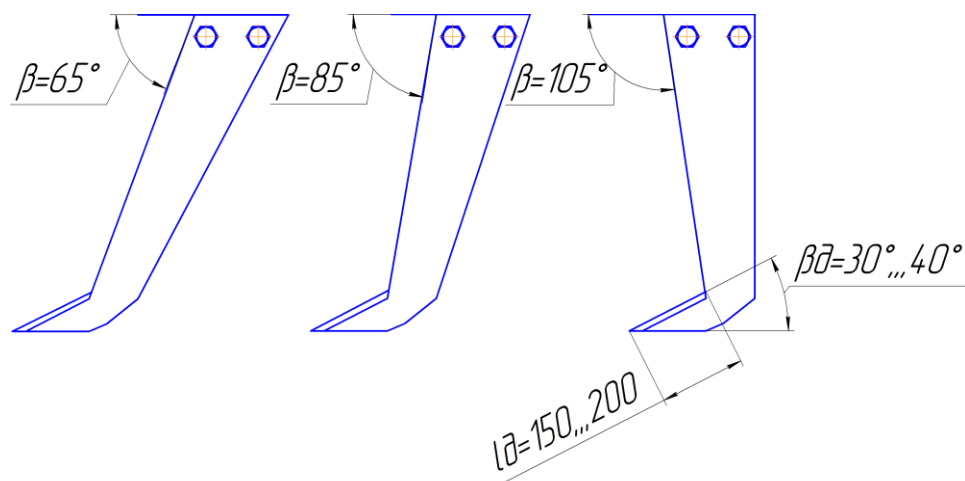


Рис. 6. Установка ножів-щілинорізів під різними кутами на етапі проведення ґрунтообробних операцій

На ефективність формування щілини значно впливають геометричні параметри долота, зокрема його розміри, конфігурація та кут розташування

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

(рис. 7). Саме цей елемент безпосередньо взаємодіє з нерозпушеним ґрунтовим середовищем, забезпечуючи процеси сколювання та розрихлення. До ключових конструктивних параметрів належать довжина долота l_0 та кут його нахилу відносно горизонтальної поверхні β_0 . Виходячи з аналізу роботи клиноподібного елемента в ґрунті, встановлено, що кут установки відіграє важливу роль у створенні вертикального тиску і поширенні деформацій у зоні утворення ядра ущільнення.

Основною вимогою до роботи будь-якого робочого органу ґрунтообробного агрегату, включаючи щілиноріз з ножем, є забезпечення вільного руху ґрунтових мас по поверхні долота без утворення заторів чи зупинок. Згідно з класичною методикою визначення цього конструктивного параметра, доцільно розглядати фізичну модель, що описує умови переміщення ґрунтової частинки по похилій площині, якою виступає поверхня долота (рис. 7).

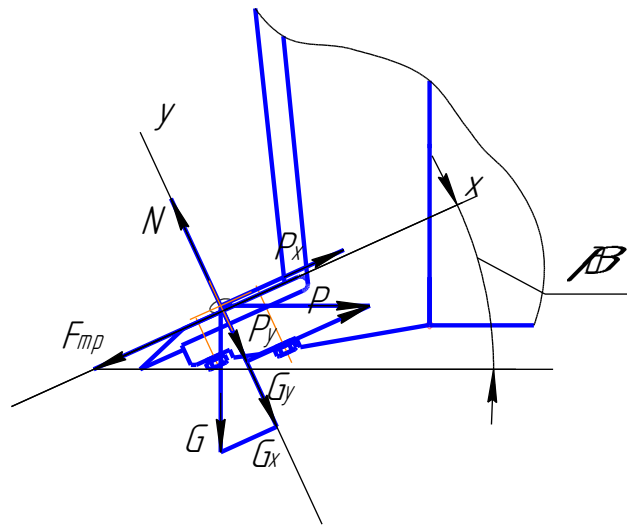


Рис. 7. Функціональна схема роботи долота робочого органу щілиноріза-наповнювача

Керуючись трикутником сил (рис. 7), та використовуючи II закон Ньютона є правомірним наступний вираз у векторній формі:

$$\bar{G} + \bar{N} + \bar{F}_{тр} + \bar{P} = m\bar{a},$$

де G – сила ваги відповідної частки ґрунту, відносно якої розглядається силова взаємодія;

N – нормальна реакція з боку робочої поверхні долота;

F_{mp} – сила тертя частки ґрунту по поверхні долота.

Силу тертя визначимо використовуючи наступну рівність:

$$F_{mp} = \mu \cdot P,$$

де μ – кут зовнішнього тертя ґрунту по поверхні долота, враховуючи, що матеріалом виготовлення є сталь, прийmemo $\mu = 0,5 \dots 0,7$;

P – опір переміщення робочого органу в товщі ґрунту.

Далі, керуючись основними положеннями теоретичної механіки проведемо побудову системи рівнянь дії відповідних сил по осям координат, маємо:

$$\begin{cases} -F_{mp} + P_x - G_x = m \cdot a, \\ N - P_y - G_y = 0; \end{cases}$$

Перетворимо останню систему сил та отримаємо:

$$P_x = P \cdot \cos \beta_0;$$

$$P_y = P \cdot \sin \beta_0;$$

$$G_x = m \cdot g \cdot \sin \beta_0;$$

$$G_y = m \cdot g \cdot \cos \beta_0.$$

Виведемо використовуючи попередню систему рівнянь формулу для розрахунку нормальної реакції, що буде мати такий вигляд:

$$N = P \cdot \sin \beta_0 + m \cdot g \cdot \cos \beta_0.$$

Підставивши знайдену залежність у вираз для визначення сили тертя отримаємо кінцеве рівняння:

$$F_{mp} = \mu \cdot (P \cdot \sin \beta_0 + m \cdot g \cdot \cos \beta_0).$$

Отже, враховуючи наведені вище залежності і перетворення отримаємо кінцеву систему рівнянь у наступному вигляді:

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{cases} -\mu \cdot [P \cdot \sin \beta_0 + m \cdot g \cdot \cos \beta_0] + P \cdot \cos \beta_0 - m \cdot g \cdot \sin \beta_0 = ma; \\ P \cdot \cos \beta_0 - \mu \cdot P \cdot \sin \beta_0 = ma + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \beta_0 + m \cdot g \cdot \sin \beta_0. \end{cases}$$

Враховуючи отримані рівняння можемо вивести формулу для розрахунку опору ґрунту, яка набуває вигляду:

$$P = \frac{ma + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \beta_0 + m \cdot g \cdot \sin \beta_0}{\cos \beta_0 - \mu \cdot \sin \beta_0}.$$

Якщо врахувати, що $\cos \beta_0 \neq \mu \cdot \sin \beta_0$, можемо визначити граничний кут $\beta_{0(\text{гран.})}$, скориставшись такою залежністю:

$$\cos \beta_{0(\text{гран.})} - \mu \cdot \sin \beta_{0(\text{гран.})} = 0.$$

Розділимо останнє рівняння на вираз $\cos \beta_{0(\text{гран.})}$ та після проведення всіх необхідних перетворень, можемо записати:

$$1 - \mu \cdot \operatorname{tg} \beta_{0(\text{гран.})} = 0;$$

$$\operatorname{tg} \beta_{0(\text{гран.})} = \frac{1}{\mu};$$

$$\beta_{0(\text{гран.})} = \operatorname{arctg}\left(\frac{1}{\mu}\right).$$

Якщо ж врахувати, що коефіцієнт тертя $\mu = 0,7$, отримаємо значення граничного кута, який складає:

$$\beta_{0(\text{гран.})} = \operatorname{arctg}\left(\frac{1}{0,7}\right) = 55^\circ.$$

Таким чином, враховуючи необхідність забезпечити умову для безперешкодного руху часто по долоту, отримали цю умову, яка має вигляд $\beta_0 < 55^\circ$.

Отже, в процесі вдосконалень та польових досліджень модернізованого щілиноріза-наповнювача ЩЗН-1,5 було визначено оптимальний інтервал значень кута встановлення долота, який має знаходитися у межах $30 \dots 40^\circ$. Застосування зазначеного діапазону цього параметра сприяє зменшенню загальних витрат енергії під час роботи ґрунтообробного агрегату. Довжина

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

долота повинна бути в межах 150...300 мм. Варто зазначити, що надмірне збільшення довжини долота призводить не лише до посиленого ущільнення ґрунту, а й до значного розширення зони його деформації. Тому доцільно дотримуватися рекомендованих параметрів.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Загальні положення

Питання охорони праці займає важливе місце в процесі механізованого вирощування сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику. Забезпечення безпечних умов праці, зниження виробничого травматизму та попередження професійних захворювань – ключові завдання організації роботи в агропромисловому комплексі.

В умовах функціонування господарств, які використовують модернізовані технічні засоби, зокрема щілиноріз-наповнювач удосконаленої конструкції, особливу увагу слід приділяти дотриманню правил техніки безпеки, пожежної безпеки, гігієни праці та експлуатації техніки. Адже робота в полі, експлуатація тракторів, ґрунтообробної техніки та агрегатів супроводжуються численними небезпечними й шкідливими виробничими факторами.

Охорона праці регулюється Законом України «Про охорону праці», Кодексом законів про працю, а також низкою підзаконних актів, стандартів, санітарних норм та інструкцій. Забезпечення належного рівня безпеки праці є обов'язком роботодавця та необхідною умовою збереження здоров'я і працездатності працівників.

5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

У процесі виконання механізованих робіт з вирощування соняшнику та використання щілиноріза-наповнювача можливий вплив таких небезпечних і шкідливих факторів:

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фізичні фактори: підвищений рівень шуму та вібрації при роботі двигунів тракторів і навісного обладнання; можливість ураження рухомими частинами машин та механізмів.

Механічні фактори: небезпека отримання травм внаслідок контакту з обертовими або рухомими частинами агрегатів; ймовірність зіткнення з транспортними засобами.

Хімічні фактори: можливий контакт із мінеральними добривами, паливно-мастильними матеріалами, зокрема при їх завантаженні, транспортуванні та зберіганні.

Мікрокліматичні умови: дія підвищеної температури, сонячної радіації, вітру, пилу, особливо в польових умовах у весняно-літній період.

Психофізіологічні фактори: високе нервово-емоційне навантаження оператора техніки, підвищена зорово-м'язова напруга, монотонність праці.

Під час виконання робіт на полі оператор щілиноріза має дотримуватись чітких правил безпеки та інструкцій щодо експлуатації агрегату, використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), проходити медичні огляди та інструктажі.

5.3 Вимоги до виробничого середовища

При організації механізованих робіт важливим є забезпечення безпечного стану навколишнього середовища праці. До основних параметрів виробничого середовища належать:

Освітленість: у разі роботи в темну пору доби або в умовах недостатньої видимості слід забезпечити робоче освітлення відповідно до норм ДБН В.2.5-28:2018.

Температурний режим: роботи повинні проводитись у погодних умовах, які відповідають нормативам допустимої температури для даного виду праці.

Рівень шуму: не повинен перевищувати граничнодопустимі норми (до 85 дБ для тривалої роботи).

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пиловий фактор: при перевищенні рівня запиленості слід використовувати респіратори типу РПГ-67 або інші засоби індивідуального захисту органів дихання.

Особливу увагу приділяють справному стану технічних засобів, контролю за кріпленням агрегатів, змащуванням рухомих частин, цілісністю гідросистем і паливних шлангів. Перед виходом у поле здійснюється щоденний технічний огляд.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

6. ВИСНОВОК

У результаті проведеного аналізу природно-кліматичних умов, наявного технічного забезпечення, структури посівних площ базового господарства було встановлено, що підприємство має достатній рівень ресурсів та організаційно-технологічної готовності для впровадження ефективного процесу вирощування сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику. Господарство володіє сучасною технікою, дотримується раціональної структури посівних площ і проводить агротехнічні заходи відповідно до науково обґрунтованих рекомендацій.

Однак серед основних проблем, які негативно впливають на ефективність виробництва, виділяється активна водна ерозія ґрунтів, що особливо проявляється на полях, розташованих поблизу водойм, схилів і балках. Цей процес поступово зменшує родючість орного шару, порушує структуру ґрунту та знижує загальну урожайність агрокультур. З метою зменшення впливу цього чинника у господарстві впроваджено заходи протиерозійного характеру. Одним із найбільш ефективних є використання щілинування мульчованих площ за допомогою щілиноріза-наповнювача типу ЩЗН-1,5.

Застосування зазначеної техніки дає змогу створити щілини у ґрунті, які сприяють накопиченню та утриманню вологи, покращенню водного режиму і зменшенню швидкості поверхневого стоку. Це, у свою чергу, сприяє збереженню родючості ґрунту, зменшенню ерозійних втрат і стабілізації показників урожайності, зокрема при вирощуванні технічних культур, таких як соняшник.

У ході аналізу конструктивних і експлуатаційних характеристик агрегату ЩЗН-1,5 були виявлені окремі недоліки, що обмежують ефективність його застосування в польових умовах. Зокрема, було встановлено потребу в удосконаленні ножа-щілиноріза, який виконує основну роботу в необроблених шарах ґрунту. Було запропоновано нову конструкцію ножа, яка дозволяє зменшити опір під час роботи, покращити якість щілини та зменшити енергоспоживання агрегату.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Крім того, вдосконалено механізм регулювання глибини та ширини щілин, що забезпечує більшу універсальність машини при роботі в різних умовах. Збільшено продуктивність агрегату завдяки можливості одночасного нарізання двох щілин за один прохід, що значно підвищує ефективність щілинування великих площ.

Таким чином, розроблені технічні рішення не лише сприяють підвищенню ефективності боротьби з ерозією ґрунту, але й створюють передумови для зростання продуктивності агровиробництва в цілому, що є особливо актуальним в умовах підвищених вимог до сталого землекористування та збереження природних ресурсів.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Укл.: В.М. Сало, Д.І. Петренко, С.М. Лещенко, О.М. Васильковський. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 58 с.\
2. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007. – 334 с.
3. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В.І. Пастухова – Харків: Веста, 2001. – 347 с.
4. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2009. – 284 с.\
5. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Лихочвор. – Львів: НВФ «Українські технології», 2002. – 800 с.
6. 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.
7. 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.
8. 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.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

9. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.
10. Бондаренко М.Г. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві / М.Г. Бондаренко, В.А. Демещук . – К.: Вища школа, 1996. – 236 с.
11. Технологія виробництва продукції рослинництва: Навч. посіб. Ч.1 / Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й. та ін. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 282 с.
12. Інструкція по експлуатації щілиноріза-наповнювача ЩЗН-1,5.
13. Бакум М.В., Бобрусь І.С., Лук'яненко В.М., Трофимченко Ю.І. Меліоративні машини – Харків. ХДТУСГ. 2001. – 308 с.
14. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
15. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
16. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Книга 1. Машини для рільництва / за ред. Черновола М.І. – К. Урожай, 2001. – 384 с.
17. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні / За ред. проф. М.К. Шикуди. – Оранта, 2000. – 390 с.
18. Паламарчук В.Д. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур: Навчальний посібник / В.Д. Паламарчук, О.В. Климчук, І.С. Поліщук та ін. – Вінниця, 2010. – 680 с.
19. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини// За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

20. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку/ За ред. Д.Г. Войтюка. – Суми: ВТД Університетська книга, 2006. – 480 с.
21. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.
22. Бабенко Д.В. Механіка матеріалів і конструкцій: практикум: навчальний посібник / Д.В. Бабенко, О.А. Горбенко, Н.А. Доценко. – Миколаїв: МНАУ, 2017. – 384 с.
23. Іванчук А.В. Деталі машин: Навч. посібник [для студ. вищ. пед. навч. закл.] / А.В. Іванчук. – Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2010. – 336 с.
24. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
25. Войналович О.В. Охорона праці в сільському господарстві. / О.В. Войналович, Є.І. Марчишина, Т.О. Білько. – К.: Центр навчальної літератури, 2018. – 691 с.

					ВСКЩ 00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ