

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка технології вирощування соняшника на зерно
з удосконаленням комбінованого ґрунтообробного агрегату

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи МГм-61
спеціальності 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Буряк І.О. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Хомик Н.І. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Сташків М.Я. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Бабій А.В. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	. (прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Буряку Івану Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технології вирощування соняшника на зерно
з удосконаленням комбінованого ґрунтообробного агрегату

Керівник роботи Хомик Надія Ігорівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2025 року № 4/7-969

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи площа поля – 200га; довжина гону – 1000м; тип ґрунту – чорнозем
типовий зональний, вилужений, суглинистий; вміст гумусу – 4,2%; товщина орного шару –
700мм; питомий опір ґрунту – 45кН/м²; рельєф поля – рівний; ухил поля – 2⁰; ширина захвату
агрегату – 5,6м; робоча швидкість агрегату – 2,2 м/с (8 км/год).

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. 1. Значення
соняшника, технології вирощування та агрегати для передпосівного обробітку і сівби.

2. Встановлення аналітико-дослідницьким шляхом основних параметрів комбінованого
ґрунтообробно-посівного агрегату. 3. Проектування комплектації комбінованого агрегату у
технології вирощування соняшника на зерно. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних
ситуаціях. Загальні висновки.

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

1. Мета, предмет, об'єкт, задачі дослідження. 2. Виконання технологічних операцій
комбінованими знаряддями для передпосівного обробітку ґрунту і сівби. 3. Агрегат комбіно-
ваний АК-5,6 для передпосівного обробітку ґрунту і сівби соняшника на зерно. 4. Штанга
комбінованого агрегату. 5. Рама культиваторного пристрою. 6. Ротор комбінованого агрегату
7-8. Деталі пристрою комбінованого агрегату. 9-10. Розрахункові схеми приєднання сівалки
СУПН-8 у склад комбінованого агрегату.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сенчишин В.С., к.т.н., доц. каф. МТ		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Теслюк В.М., проректор з адміністративно-господарської роботи		

7. Дата видачі завдання

15 листопада 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін етапів виконання роботи	Примітка
1	Значення соняшника, технології вирощування та агрегати для передпосівного обробітку і сівби	до 18.11.2025	
2	Встановлення аналітико-дослідницьким шляхом основних параметрів комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегату	до 28.11.2025	
3	Проектування комплектації комбінованого агрегату у технології вирощування соняшника на зерно	до 08.12.2025	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	до 10.12.2025	
5	Реферат. Вступ. Загальні висновки	до 10.12.2025	
6	Ілюстративний матеріал	до 10.12.2025	

Студент

(підпис)

Буряк І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хомик Н.І.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Буряк Іван Олегович

Тема роботи – «Розробка технології вирощування соняшника на зерно з удосконаленням комбінованого ґрунтообробного агрегату». Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Хомик Надія Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (45 найменувань). Загальний обсяг текстової частини – 63 сторінки на яких є 13 рисунків, додатки розміщені на 7 сторінках. Ілюстративний матеріал розміщений на 10 аркушах формату А4.

Актуальність теми роботи. Комбіновані агрегати, суміщаючи в одному проході полем передпосівний обробіток ґрунту і сівбу, є найбільш перспективними знаряддями, які завдяки вдалому поєднанню робочих органів окремих машин, що входять у їх склад, забезпечують відповідність вимогам агротехніки висіваючи насіння у вологий і розпушений шар ґрунту не допускаючи розриву між допосівним обробітком і сівбою, закладаючи основу майбутнього врожаю.

Мета роботи: розробити технологію вирощування соняшника на зерно удосконаливши комбінований ґрунтообробний агрегат. **Завдання:**

- описати значення соняшника, технології та умови його вирощування;
- проаналізувати агротехнічні вимоги та умов використання комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту і сівби соняшника;
- визначити розмірні параметри стрілочастих лап культиватора КРН-5,6 для передпосівного обробітку ґрунту під сівбу соняшника на зерно;
- розрахувати енергозасіб за тяговим зусиллям для передпосівної підготовки ґрунту і сівби соняшника;
- визначити вильот маркерів сівалки, встановити вимоги до підготовки поля та якості виконуваного процесу;
- визначити тяговий опір культиватора, котків-грудкоподрібнювачів та сівалки, які входять у комбінований агрегат, а також його сумарний тяговий опір;
- виконати міцнісний розрахунок транспортного пристрою культиватора;
- розробити комплектацію та обґрунтувати умови роботи комбінованого агрегату для вирощування соняшника на зерно з суцільним внесенням гербіцидів;
- аргументувати можливості використання сівалки СУПН-8 у комбінованому агрегаті для вирощування соняшника на зерно з внесенням міңдобри́в;

- розробити заходи безпеки під час експлуатації комбінованого агрегату;
- розробити заходи підвищення стійкості об'єкта при виникненні надзвичайних ситуацій.

Об'єкт дослідження. Комбінований агрегат для передпосівного обробітку ґрунту та сівби соняшника на зерно.

Предмет дослідження. Технологічні, кінематичні та міцнісні розрахунки комбінованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту та сівби соняшника. Технологія вирощування соняшника на зерно.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено енергозберігаючу технологію вирощування соняшника на зерно завдяки заміні оранки плугами на чизелювання та передпосівний обробіток, що поєднує культивуацію, коткування, суцільне внесення гербіцидів, сівбу з внесенням мінеральних добрив, виконувані в одному проході комбінованого агрегату. Удосконалений комбінований агрегат можна використовувати для передпосівного обробітку після зернових і просапних культур за умов середнього та високого засмічення полів насінням бур'янів. Комбінований агрегат поєднує встановлений на передню балку трактора ДТ-75М культиватор КРН-5,6 переобладнаний для суцільного обробітку ґрунту, обприскувач ПОМ-630 та сівалку СУПН-8, яку встановлюють на задню гідроначіпку трактора не застосовуючи зміни чи переобладнання конструкції. Визначено тяговий опір культиватора, пруткових котків-грудкоподрібнювачів, які встановлюють у хвостовиках секцій культиватора – разом 14,2кН; тяговий опір сівалки СУПН-8 – 12,6кН та сумарний тяговий опір комбінованого агрегату – 27кН. Розраховано за тяговим зусиллям енергозасіб для виконання обробітку ґрунту і сівби соняшника – трактор ДТ-75М, тягові можливості якого під час роботи на четвертій передачі – 31кН, що достатньо для компоновки комбінованого агрегату для вирощування соняшника на зерно. Визначено фактичну, найбільшу та номінальну потужності комбінованого агрегату в результаті встановлено, що трактор ДТ-75 повністю відповідає потребам, оскільки номінальна потужність двигуна – 75кВт на робочій швидкості $V_p = 8$ км/год. Виконано міцнісний розрахунок транспортного пристрою культиватора, підібрано форму і розміри перетину – квадратний пустотілий, розміром 80мм× 80мм.

Ключові слова: соняшник, обробіток ґрунту, сівба, культиватор, котки-грудкоподрібнювачі, сівалка, трактор, комбінований агрегат, тяговий опір.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ЗНАЧЕННЯ СОНЯШНИКА, ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА АГРЕГАТИ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ І СІВБИ	7
1.1. Значення соняшника, технології та умови його вирощування	7
1.2. Агротехнічні вимоги та умов використання комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту і сівби	10
1.3. Обґрунтування теми роботи	16
2. ВСТАНОВЛЕННЯ АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИМ ШЛЯХОМ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ	17
Визначення розмірних параметрів стрілчастих лап	
2.1. культиватора КРН-5,6 для передпосівного обробітку ґрунту під сівбу соняшника на зерно	17
2.2. Підбір і розрахунок за тяговим зусиллям енергозасобу для виконання обробітку ґрунту і сівби соняшника	19
2.3. Визначення вильоту маркерів сівалки. Вимоги до підготовки поля та визначення виконуваної агрегатом роботи	23
2.4. Визначення сумарного тягового опору комбінованого агрегату	28
2.4.1. Визначення тягового опору культиватора	28
2.4.2. Визначення тягового опору котків-грудкоподрібнювачів	32
2.4.3. Визначення тягового опору сівалки СУПН-8	34
2.5. Міцнісний розрахунок транспортного пристрою культиватора	34
3. ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКТАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА НА ЗЕРНО	38
3.1. Комплектування комбінованого агрегату для вирощування соняшника на зерно з суцільним внесенням гербіцидів	38
Обґрунтування можливості використання сівалки СУПН-8	
3.2. для комплектації комбінованого агрегату для вирощування соняшника на зерно	44
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	49
4.1. Охорона праці виробничого персоналу	49
4.2. Підвищення стійкості роботи об'єкта при виникненні надзвичайних ситуацій	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	58
ДОДАТКИ	64

ВСТУП

Отримувати високі врожаї різних сільськогосподарських культур, особливо ярих, і соняшника зокрема, можна завдяки своєчасному виконанню весняно-польових робіт з підготовки ґрунту до сівби і сівби при дотриманні агротермінів для висівання насіння, забезпечуючи у такий спосіб достатньо вологи у посівному шарі ґрунту для його проростання.

Важливим в усьому комплексі робіт і технології вирощування соняшника зокрема, є своєчасний і правильний догляд за посівами: вчасне і збалансоване підживлення рослин з врахуванням їх потреби в основних елементах живлення та мікроелементах, використання стимуляторів і регуляторів росту рослин, вчасне застосування інтегрованої системи захисту з бур'янами, шкідниками та хворобами. Важливим є під час виконання усіх робіт з технологій вирощування різноманітних культур подбати про зведення до мінімуму кількості проходів ґрунтообробних, посівних і збиральних агрегатів полем, щоб запобігти руйнуванню структури ґрунту при надмірній дії рушіїв на ґрунт, саме таким вимогам найбільше відповідають сучасні сільськогосподарські машин і знаряддя, особливо ґрунтообробні, які здебільшого є комбінованими агрегатами, що поєднуючи знаряддя, поєднують кілька технологічних операцій.

Комбіновані агрегати і машини, які здатні завдяки своїм конструктивним особливостям, суміщати передпосівний обробіток ґрунту і сівбу, є найбільш перспективними знаряддями, які завдяки вдалому поєднанню робочих органів окремих машин, що входять у їх склад, забезпечують відповідність вимогам агротехніки, оскільки висівають насіння культурних рослин у вологий і добре розпушений шар ґрунту не допускаючи розриву між передпосівним обробітком і сівбою, тим самим закладаючи основу майбутнього врожаю, також такі комбіновані агрегати створюють або komponують як широкозахватні, чим забезпечують умови своєчасного виконання обробітку ґрунту і сівби.

Удосконаленню комбінованого агрегату з можливістю використання його у передпосівному обробітку ґрунту і сівбі соняшника присвячена кваліфікаційна робота.

1. ЗНАЧЕННЯ СОНЯШНИКА, ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ТА АГРЕГАТИ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ І СІВБИ

1.1. Значення соняшника та умови його вирощування

Соняшник належить до основних олійних культур в Україні, у складі загального виробництва олії соняшникова займає 92%; у насінні більшості його сортів і гібридів міститься від 50 до 60% олії, завдяки чому, порівняно з іншими культурами, які вирощують для отримання олії, він забезпечує найбільше отримуваної олії з одиниці площі (гектара) .

Рослинні олії необхідні для харчової та переробної промисловостей, мають значну технічну цінність. Рослинна олія необхідна для харчування як окремий продукт у натуральному вигляді, також значним є її використання для приготування інших харчових продуктів, зокрема хліба, різної випічки, незамінна у виготовленні маргарину, різноманітних консервованих продуктів рибного та овочевого вмісту, є потреба у ній у кондитерській промисловості.

Важливість та цінність рослинних олій для харчування зумовлена тим, що у них містяться біологічно активні жирні кислоти, які організм людини не синтезує, а потребу у них закриває використанням готової рослинної олії. Окрім жирних кислот рослинні олії вміщують необхідні до нормального функціонування людини біологічно активні речовини, зокрема, вітаміни, стеарин та фосфатиди. Рослинні олії є сировиною для приготування оліфи, фарбів, лаків, штучної шкіри, їх використовують в електротехнічному, хімічному та інших виробництвах.

Батьківщина соняшника – південно-західна частина Північної Америки, де зустрічаються досі дикі форми цієї рослини. В Європу соняшник потрапив на початку XVIII ст. і більше ста років його вирощували здебільшого як декоративну рослину та для насіння, яке споживали поряд з горіхами.

Окультуренням соняшника для отримання олій найбільше у світі займалися вітчизняні вчені В.С. Пустовойт і Л.А. Жданов, завдяки яким олійність його насіння зросла із 30...33 до 50...53%, вони створили високоврожайні сорти, що відрізняються значною стійкістю до ураження шкідниками

і хворобами, саме ці сорти згодом отримали значне поширення у багатьох країнах світу. На тепер соняшник для отримання олії вирощують на всіх континентах, загальносвітова площа посівів – понад 14,5млн.га., найбільші експортери насіння олійного соняшника та олії Україна, США, Китай, Туреччина.

Соняшник при переробці насіння в олію дає значний вихід побічних продуктів – макуху під час пресування очищеного, подрібненого та підігрітого ядра і шрот (35% від маси перероблюваного насіння) у результаті екстрагування для повторного отримання олії із сировини, що пройшла пресування. Макуху та шрот використовують як цінні концентровані корми для худоби. Окрім цього, під час відділення плодових оболонок соняшника від ядра отримують лузгу (вихід якої 16...22% від маси перероблюваного насіння), яку у подальшому використовують як сировину у виробництві гексозного і пентозного цукрів, перший з яких є сировиною для отримання етилового спирту і кормових дріжджів; другий необхідний для отримання – фурфуролу, який застосовують для виготовлення пластмас, штучного волокна і т.ін.

Стебла соняшника іноді використовують для виготовлення паперу, попіл із сухих стебел є цінним добривом. Під час цвітіння соняшник є чудовим медоносом – з одного гектара посівів бджоли можуть зібрати за сприятливих умов до 40кг меду, покращуючи запилення квітів і тим самим підвищуючи врожай насіння. З жовтих пелюсток язичкових квітів соняшника виготовляють ліки у фітотерапії. Соняшник є доброю кормовою культурою для худоби даючи 600ц/га іноді більше, зеленої маси, яку використовують для силосування у чистому вигляді та у поєднаннях з іншими кормовими культурами, такий силос добре поїдається худобою [10, 11, 16, 18, 19, 20, 21-25].

На корм вівцям і великій рогатій худобі використовують кошики соняшнику (вихід яких біля 60% від маси насіння). Кошики є сировиною для харчового пектину, який використовують у кондитерському виробництві.

Часто соняшник сіють для утворення куліс в умовах ерозії ґрунту на парових полях. Він є також просапною культурою, яка забезпечує очищення ґрунту полів від бур'янів. Соняшник в Україні дає середню врожайність до 20ц/га, у мовах використання прогресивних технологій – по 30ц/га і більше,

при зрощенні урожайність сягає 40ц/га. Високої врожайності насіння олійного соняшника досягають завдяки використанню інтенсивних технологій вирощування, що будуються на цілеспрямованому впливі на об'єкти виробництва – культурні рослини, враховуючи фази їх розвитку, забезпечивши тим самим ефективність застосовуваних агротехнічних прийомів.

Енергозбереження та ресурсозбереження в інтенсивних технологіях вирощування, які придатні для більшості сільськогосподарських культур, досягають в осінній період заміною лемішно-полицевої оранки на чизелювання; в передпосівний час виконують одну культивуацію суміщаючи її з іншими весняно-польовими роботами, при появі сходів застосовують одну-дві міжрядні культивуації [10, 11, 16, 18, 19, 20, 21-25].

Одним із заходів інтенсивних технологій є почастильне внесення добрив у три-чотири прийоми залежно від фаз розвитку рослин, чим забезпечується їх краще використання; поряд з внесенням добрив важливим є вносити мікроелементи та регулятори росту залежно від потреб рослин, здійснюючи комплексний захист культурних рослин від шкідників і хвороб, які часто появляються при ослабленому розвитку культур, також важливим є боротися з бур'янами особливо на початкових фазах розвитку рослин, щоб запобігти їх виснаженню.

Добрі результати дає прикотковування ґрунту, яке виконують за один прохід з культивуацією перед посівом соняшника. Сівбу часто суміщають із внесенням гербіцидів. Після посіву при появі сходів застосовують одноразове боронування з внесенням гербіциду, що запобігає появі коренепаросткових і широколисткових бур'янів, а в подальшому застосовують дво міжрядні обробітки посівів з підживленням добривами.

1.2. Агротехнічні вимоги та умови використання комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту і сівби соняшника

Будь-які комбіновані ґрунтообробні знаряддя, які доповнюють сівалками, щоб поєднати в одному проході агрегату полем весь комплекс технологічних операцій з передпосівного обробітку ґрунту, внесення гербіцидів і сівби мають

відповідати агротехнічним вимогам до їх роботи, що поєднують вимоги, які встановлені до культивації ґрунту, внесення гербіцидів і сівби.

Проаналізуємо вимоги до роботи комбінованого агрегат, послідовно проходячи виконувані ним операції: культиватори повинні забезпечувати якісні показники після ранньовесняного боронування зяблевого поля після зернових культур, обробленого восени чизельними знаряддями; культиватори повинні обробляти ґрунт до глибини 12...14см при дотриманні допустимого відхилення від заданої – до $\pm 0,5$ см; робочі органи культиваторів мають повністю підрізати бур'яни не виносячи вологий шар ґрунту на поверхню поля; поверхня ґрунту після культивації має бути дрібногрудкуватої структури, ґрунтові агрегати розмірами 5...10мм мають покривати не менше – 90% поверхні поля; після культивації поверхня поля має бути вирівняною та з вимогами до внесення гербіцидів: обприскувачі повинні рівномірно вносити задану норму агрохімікатів, у даному комбінованому агрегаті – гербіцидів, рівномірно по всій поверхні, дотримуючись коефіцієнта варіації $\pm 12\%$; розпилювачі обприскувачів повинні вносити робочі розчини суцільним шаром, забезпечуючи трапецієподібний вид розподілу дотримуючись коефіцієнта варіації $\pm 40\%$; конструкція обприскувачів повинна забезпечувати внесення регульованих від 50 до 400л/га норм препаратів дотримуючись відхилення від заданої – $\pm 8\%$, цим самим створювати умови для дотримання вимоги до сівби соняшника: сівалка працюючи у складі комбінованого агрегату, що суміщає посів, культивацію і внесення гербіцидів має забезпечувати рівномірне висівання насіння висіваючими апаратами по всій ширині захоплення сівалки, що має співпадати з шириною захвату всього комбінованого агрегату при забезпеченні заданої глибини загортання насіння, дотримуючись допустимого відхилення у межах ± 1 см та не допускаючи травмування насіння більше 0,5%; працюючи на робочій швидкості до 8км/год забезпечувати якісні показники виконання процесу сівби [1, 2, 10, 11, 16, 18, 19, 20, 21-25].

Проектуючи, модернізуючи чи удосконалюючи такі агрегати потрібно враховувати якісні показники виконання агротехнічних вимог, оскільки вони є запорукою отримання високого врожаю вирощуваних культур.

Обробіток ґрунту під сівбу соняшника в усіх зонах вирощування України побудований на поліпшеному зяблевому обробітку, якщо поля засмічені різними коренепаростковими бур'янами, то можна чергувати прийоми основного обробітку так, щоб домогтися якомога повнішого знищення бур'янів, наприклад, одразу після збору попередника (найчастіше зернових колосових) спершу луцять дисковими знаряддями (ЛДГ-10, БД-10, БДТ-7) дотримуючись глибини 6...8см, потім луцять вдруге і втретє спостерігаючи за проростанням бур'янів, використовуючи такі знаряддя: багатолемішні плуги (ППЛ-10-25), важкі дискові борони (БД-10, БДТ-7), парові культиватори (КПС-4), культиватори-плоскорізи (КПШ-5, КПШ-9) дотримуючись глибини 8...10см при другому і 10...12см при третьому луценні витримуючи період між луценнями, третім або другим, залежно від забур'яненості, або луценням і оранкою, щоб бур'яни проросли, давши пагони, тоді можна досягти їх якнайповнішого їх знищення.

Ефективним у боротьбі з коренепаростковими бур'янами, особливо осотом та берізкою польовою, є поєднання ранньовесняного боронування або розпушування з використанням гербіцидів, – таку систему називають поліпшеною зяблевою, вона є ефективною практично в усіх зонах вирощування соняшника, особливо після зернових, оскільки після таких попередників потрібно доглядати за посівами соняшника запобігаючи значному проростанню однорічних бур'янів. Зяблевий обробіток під соняшник у південному Степу виконують у жовтні, в північному – на три-чотири тижні швидше (Додаток А, таблиця А.1).

Соняшник часто розташовують у сівозміні після деяких просапних, зокрема після кукурудзи, тоді зяблевий обробіток виконують дворазовим дискуванням після збору попередника, часто для цього використовують знаряддя, які реалізують ярусний обробіток ґрунту враховуючи умови зволоження, до прикладу при нестачі вологи і відсутності снігу бажано, щоб поверхня поля після зяблевого обробітку була вирівняна, тим самим запобігають надмірному висушуванню поверхневого шару; за умов достатнього зволоження луцять дисковими знаряддями; орють плугами з перед плужниками, якщо є значна забур'яненість, часто доповнюючи обробіток котками і боронами, створивши завдяки їм вирівняну поверхню ґрунту; за потреби, при

надмірному зволоженні опадами і проростанню бур'янів, поля культивують одночасно з боронуванням, таким чином додатковим обробітком зябу восени очищають ґрунт від однорічних бур'янів і вирівнюють поверхню ріллі.

Якщо посіви соняшника розташовують на полях, що мають схил до 2°, то з метою затримання вологи у ґрунті та запобігання водній ерозії оранку виконують поєднуючи її з лункуванням зябу, деколи з валуванням. На землях, що можуть зазнавати значного впливу водної ерозії, орють плугами, на які встановлено ґрунтопоглиблювачі, забезпечуючи стікання води і накопичення її у ґрунті. Південні та південно-східні райони степу України часто зазнають вітрової ерозії та пилових бур, тому у таких місцях застосовують плоскорізний обробіток, однак він має суттєвий недолік – значна кількість насіння бур'янів затримується у верхньому (посівному) шарі ґрунту, що стає причиною значної забур'яненості посівів у період вегетації – весняно-літній час, тому застосування плоскорізного обробітку восени передбачає під час передпосівної культивуації навесні обов'язкове внесення гербіцидів.

У технологічних операціях вирощування культурних рослин першість за вчасним та якісним обробітком ґрунту, за яким слідує забезпечення посівів необхідними добривами у потрібній кількості; враховуючи, що соняшник належить до культур високого виносу поживних речовин з ґрунту, тому він за період вегетації використовує у два рази більше азоту, у три рази більше фосфору та у десять разів більше калію порівняно до озимої пшениці та інших зернових культур, тому він добре реагує на внесення органічних добрив під попередник, основну частину мінеральних добрив вносять перед або разом з основним обробітком полів, якщо цього не було виконано, то потрібно мінеральні добрива внести під час сівби локально-стрічково дотримуючись відстані 6...10см від рядка і глибини загортання 10...12см [1, 2, 10, 22-24].

Продумане і своєчасне внесення добрив забезпечує приріст врожаю на кілька центнерів з кожного гектара. Найбільше фосфору і калію соняшник потребує під час формування і наливання насіння, тому важливим є підживлення посівів: перше виконують після прорідження рослин, вносячи місцеві добрива або повне мінеральне добриво загортаючи його з двох сторін рядка на глибину

8...10см і на 10...15см; другий раз підживляють перед формуванням кошиків, вносячи фосфорно-калійні добрива посередині міжрядь на глибину 12...15см.

Традиційна передпосівна підготовка ґрунту для сівби соняшника поєднує ранньовесняне закриття вологи і подальшу культивуацію одну або дві, залежно від стану ґрунту та умов зволоження. Якщо восени був застосований поліпшений зяблевий обробіток, то до весни ґрунт може залишитися розпушеним з вирівняною поверхнею, тоді немає потреби у виконанні двох передпосівних культивацій та розпушувальних. За умов посушливої весни не виконують розпушувальних, щоб запобігти пересиханню посівного шару ґрунту, тому допосівну культивуацію суміщають з сівбою; виконують культивуацію знаряддями обладнаними універсальними стрілочастими лапами, ширина захвату яких 270мм і/або 330мм на середню з можливих, глибину обробітку за умови можливого відхилення не більше як на 1см; часто використовують розпушувальні лапи, що мають пружинні стояки.

Суцільне обприскування розчинами гербіцидів використовують на засмічених бур'янами полях, одразу загортаючи їх культиватором у ґрунт. Поєднати передпосівну культивуацію і внесення гербіцидів можна використавши комбінований агрегат, який комплектують на базі гусеничного трактора ДТ-75М, до нього приєднують підживлювач-обприскувач ПОУ і через зчіпку СП-11, приєднують два парових культиватори КПС-4 або інші та вісім ланок зубових борін БЗСС-1,0. Якщо поля окультурені, то на них вносять розчини гербіцидів смугами шириною 30-35см, відстань між серединою смуг – 70см.

Комбіновані агрегати, які виконують за один прохід полем допосівну культивуацію, внесення гербіцидів та посів, мають широке застосування в нашій країні, а особливо закордоном; є багато різних моделей таких машин, які мають суттєві переваги порівняно до одноопераційних машин, а саме: знижені витрати паливо-мастильних матеріалів відносно одиниці виконаної роботи, зниження травматичної дії рушіїв тягових машин на ґрунт, вивільнення одного-двох тракторів і механізаторів у найбільш напружений час весняних польових робіт, а відповідно й економію заробітної плати.

Вирощування соняшника на зерно можна також реалізувати використовуючи комбінований ґрунтообробнопосівний агрегат, який суміщає в одному

проході полем три агротехнічні прийоми – культивуацію, сівбу і внесення гербіцидів не призводячи до зниження врожайності [1, 11, 16, 18, 19, 20, 21-25].

Реалізовувати використання комбінованих агрегатів можна лише завдяки потужним тяговим машинам – тракторам інтегральної схеми, серед них наприклад, найбільше поширені ХТЗ-121 (виробництва України), Вита-3000 (виробництва Франції), МВ-trac-1300 (виробництва Німеччини) та ін.

Пропозиції щодо створення комбінованих агрегатів або їх компонування з раніше створених чи удосконалених знарядь розвивають у трьох основних напрямках: серійні посівні машини обладнують робочими органами, які здатні виконувати підготовку ґрунту до сівби; створюють спеціальні посівні машини, які обробляють відповідним чином ґрунт і виконують сівбу; створюють агрегати із серійних знарядь – культиваторів і сівалок, у яких виконують незначні конструктивні зміни для можливості їх встановлення на передню і задню начіпку тракторів. Щоб забезпечити одночасно з культивацією і сівбою внесення робочих розчинів гербіцидів, то незалежно від головних напрямів компонування комбінованих агрегатів, у передій частині трактора встановлюють монтований обприскувач типу ЕКО-600, ПОМ-630, ПОМ-1200, та ін.

Як приклад, розглянемо просапну сівалку серії Kinze (рис. 1.1), яка одночасно із сівбою просапних культур забезпечує обробіток ґрунту, внесення гербіцидів і добрив в одному проході полем, однак такі машини якісно працюють на легких ґрунтах і лише за високої культури землеробства.

Інший приклад, агрегат для рядкової сівби Flexi coil 6000 (виробництва Канади), який за один прохід полем виконує передпосівний обробіток ґрунту, вносить добрива і висіває насіння (рис. 1.2), окрім цього знаряддя можна використовувати для сівби на ґрунтах, де не було передпосівного обробітку ґрунту так як і комбінований агрегат типу Kinze, однак, він не забезпечить якісних показників у ґрунтово-кліматичних умовах нашої країни.

Спосіб основної підготовки ґрунту під сівбу соняшника наступного року і терміни його виконання вибирають диференційовано, орієнтуючись на одну з двох основних технологій: у першій застосовують оранку з обертанням скиби заорюючи стерню, у другій (ґрунтозахисній) розпушують ґрунт зберігаючи стерню та інші рослинні рештки, які сприяють захисту ґрунту від впливу

вітрової та водної ерозій. Орієнтуючись на вибрану технологію підготовки ґрунту підбирають необхідні машини і знаряддя. У випадку першої технології одразу після збору попередника (озимі або ярі зернові культури) на ґрунт діють дисковими луцильниками типу ЛДГ-20, ЛДГ-15А, ЛДГ-10А або використовують важкі дискові борони типу БДТ-10, БДС-8,4, БДТ-3. Засмічені коренепаростковими бур'янами поля обробляють гербіцидами у фазі розетки і згодом луцять лемішними знаряддями типу ППЛ-10-25, опісля застосовують оранку на глибину 25-27см використовуючи плуги з передплужниками, чим забезпечують добре загортання пожнивних решток.



Рисунок 1.1



Рисунок 1.2

Весняні польові роботи поєднують послідовне вирівнювання зябу агрегатами типу ВП-8А, ВПН-5,6А, якщо для передпосівного обробітку використовують комбіновані агрегати типу європак, то вирівнювання ґрунту не виконують. Розчини гербіцидів вносять до сівби соняшника і одразу загортають у ґрунт, використовуючи комбіновані агрегати складені на базі тракторів К-701 або ХТЗ-17021, у які входять як складові частини обприскувач типу ПОМ-630, важка дискова борона типу БДТ-7А в умовах перезволоженого ґрунту або культиватор типу КПС-4 в посушливих умовах, який дообладнують вирівнювачем ґрунту і котками.

Гербіциди вносять стрічками перед сівбою соняшника або одночасно із нею, зменшуючи тим самим надмірні витрати дорогих хімпрепаратів та запобігаючи забрудненню навколишнього середовища. Якщо обробіток виконують комбінованим агрегатом складеним з трактора типу Т-170, культиватора КРН-5,6А або КРН-4,2А і підживлювача-обприскувача ПОМ-630 то спершу стрічками вносять гербіцид, який потребує глибокого загортання у ґрунт, потім у зони стрічок внесеного гербіциду висівають насіння соняшника.

Якщо стрічками вносять гербіциди, що не потребують глибокого загортання в ґрунт, то комбінований агрегат укладають на базі трактора класу 1,4 приєднуючи до нього обприскувач і сівалку, суміщаючи стрічкове внесення гербіциду та сівбу соняшника. Обов'язковим є протруювання насіння соняшника, яке виконують за один-два місяці до висівання на пересувних машинах типу ПС-10А, ПК-20, ПСШ-5 або «Мобітокс-С». Висівають соняшник використовуючи просапні пневматичні сівалки СУПН-12, СУПН-8А, СУПН-6А, на які встановлюють висівні диски, що мають отвори діаметром 3мм, та закордонні сівалки виробництва Джон Дір 1700, МФ-543-8, МФ-543-6 та ін.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

З виконаного огляду та аналізу технічних засобів і технічних рішень для компонування комбінованого агрегату, щоб виконати за один прохід полем передпосівну культивуацію, внесення гербіцидів і сівбу соняшника можна відзначити, що існуючі технічні рішення не завжди можливо реалізувати в ґрунтово-кліматичних умовах більшості регіонів України.

Доцільним є компонування комбінованого агрегату з серійних знарядь і машин вітчизняного виробництва з якомога меншим переобладнанням для реалізації технології вирощування соняшника на зерно, який би виконував передпосівну культивуацію, сівбу і суцільне внесення гербіцидів за один прохід полем у найбільш сприятливий термін після весняного боронування зябу виконаного як після попередників суцільного висіву, тобто зернових культур, так і після просапних культур, тобто був би ефективним в умовах середньої засміченості ґрунту насінням бур'янів. Таке знаряддя, скомпоноване з однієї операційних машин, забезпечує економію паливо-мастильних матеріалів, зменшує негативний вплив рушіїв на ґрунт, вивільняє трактор і механізатора на інші роботи.

Розкриття теми кваліфікаційної роботи потребує вирішення таких завдань: обґрунтування технологічних характеристик скомпонованого комбінованого агрегату; виконання розрахунків його конструктивних параметрів поєднаних з кінематичним і силовим аналізом механізмів агрегату.

2. ВСТАНОВЛЕННЯ АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИМ ШЛЯХОМ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО ГРУНТООБРОБНО-ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ

2.1. Визначення розмірних параметрів стрілчастих лап культиватора КРН-5,6 для передпосівного обробітку ґрунту під сівбу соняшника на зерно

Ґрунтообробним знаряддям для передпосівного обробітку під сівбу соняшника на зерно у складі комбінованого знаряддя АК-5,6 є культиватор КРН-5,6, який обладнують робочими органами – універсальними стрілчастими лапами (рис. 2.1); визначимо їх конструкційне виконання та розміри, враховуючи рекомендації до їх форми та вигляду [1, 2, 15, 37], а саме: три основні кути – розхилання 2γ , піднімання грудей лапи α і кришіння β , ширина захоплення лапи $B_{\text{л}}$ та ширина полиці лапи b ; висота зрізу полиці лапи зверху $h(h + b \sin \beta)$. Вибираючи величину кута розхилання лапи 2γ , дотримуються вимоги, що під час роботи корені та стебла бур'янів мають ковзати по лезу лапи, що забезпечується різанням з ковзанням, у такий спосіб полегшуючи підрізання бур'янів, сповзання вже підрізаних і перерізаних бур'янів та ковзання по лезу лапи рослин, перерізання стебел яких не відбулося, у такий спосіб усувають ймовірність обгортання лап бур'янами.

Якщо значення кута γ більше допустимого, то значення сили тертя F , що появляється у місці контакту коренів бур'янів і леза лапи культиватора (рис. 2.2), буде більшою сили опору T , тому бур'яни не сповзають з леза лапи, а намотуються на стояки лап, в результаті лапи забиваються і перестають працювати, тобто горнуть ґрунт, а не підрізають бур'яни [1, 2, 10, 15].

Користуючись умовою [28]

$$\gamma < 90^\circ - \varphi, \quad (2.1)$$

де φ – кут тертя різних матеріалів об металічне лезо, для бур'янів $\varphi = 45^\circ$, тоді $\gamma < 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$, умова виконується.

Обробляючи ґрунти середньої в'язкості приймають $2\gamma = 65^\circ$ [1, 2]. Загалом на чистоту підрізу бур'янів культиваторними лапами впливають

величини кутів різання і розхилу лапи та гострота леза.

Кут зрізання [1, 27]

$$\beta_0 = i + \varepsilon, \quad (2.2)$$

де i – кут загострення леза, $i = 12 \dots 15^\circ$;

ε – кут затиловочний, $\varepsilon = 10^\circ$;

то

$$\beta_0 = (12 \dots 15) + 10 = 22 \dots 25^\circ.$$

Враховуючи умову, що кут кришіння знаходиться у межах $15^\circ < \beta < 25^\circ$, то застосовують комбіноване загострення леза лап (рис. 2.3), дотримуючись рекомендації щодо гостроти леза, яка не має перевищувати 0,3мм.

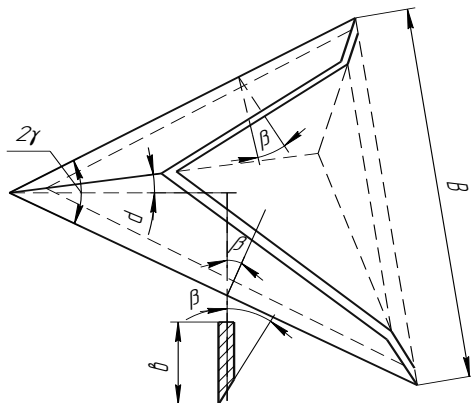


Рисунок 2.1

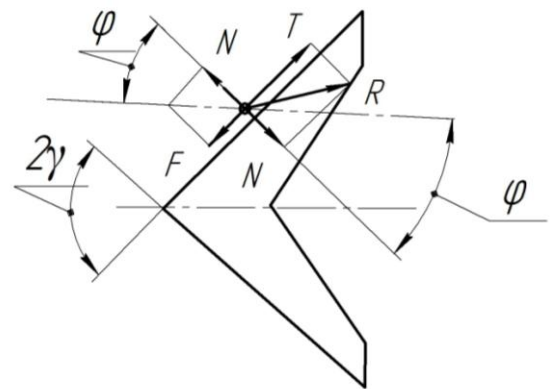


Рисунок 2.2

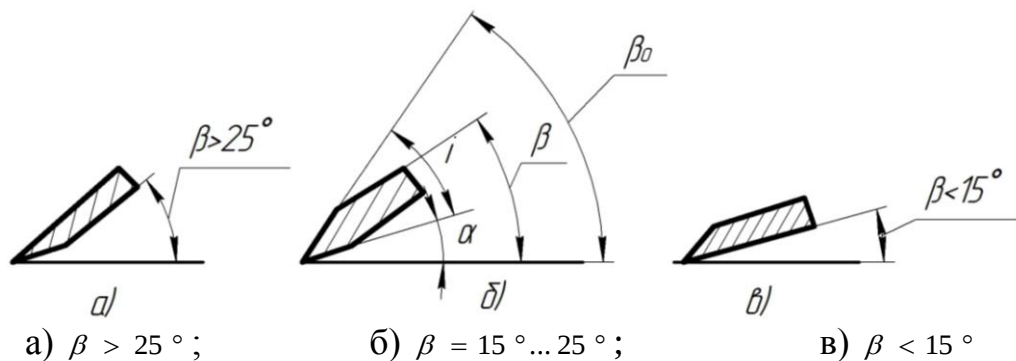


Рисунок 2.3

Керуючись умовою створення потрібного розрихленого шару ґрунту без винесення його нижніх шарів на оброблювану поверхню приймаємо значення кутів кришіння $\beta = 20 \dots 30^\circ$ і піднімання грудей лапи $\alpha = 16^\circ (28^\circ)$, враховуючи форму лап – універсальна стрілчаста.

Висоту розміщення заднього зрізу полиці лапи прийmemo $h = 107$ мм, що забезпечується при збільшені ширини полиці b , яку приймаємо 58мм [1, 27].

Ширину захоплення культиваторних лап встановлюють керуючись умовою заглиблюваності, розрихлюваності та зручного їх розміщення – для вибраних універсальних стрілочастих лап – $B_{C.Л.} = 330$ мм.

Оскільки у складі комбінованого агрегату встановлюють обприскувач ПОМ-630 для внесення робочих розчинів гербіцидів, то потрібно підібрати розпилювачі, щоб забезпечити потрібну норму внесення [1, 2]

$$q = \frac{Q \cdot B_{AK} \cdot V_P}{600 \cdot n_p}, \quad (2.3)$$

де Q – норма внесення, $Q = 250$ л/га;

B_{AK} – ширина захоплення агрегату, $B_{AK} = 5,6$ м;

V_P – робоча швидкість руху комбінованого агрегату, $V_P = 8$ км/год;

n_p – кількість розпилювачів $n_p = 8$;

відповідно

$$q = \frac{250 \cdot 5,6 \cdot 8}{600 \cdot 8} = 2,3 \text{ л/хв.}$$

Комбінований агрегат із відрегульованою нормою внесення робочого розчину заїжджає на поле, де встановлюють кінцеву норму внесення у польових умовах.

2.2. Підбір і розрахунок за тяговим зусиллям енергозасобу для виконання обробітку ґрунту і сівби соняшника комбінованим агрегатом

Для вибору енергозасобу, що працюватиме із комбінованим агрегатом у складі культиватора КРН-5,6, обприскувача ПОМ-630 та сівалки СУПН-8 для передпосівного обробітку ґрунту, внесення гербіцидів і сівби соняшника визначаємо, якою буде найбільша ширина захвату агрегату [1, 2, 8]

$$B_{\max} = \frac{\left(P_{TN} - G_M \cdot \frac{i}{100} \right) \cdot \xi_P}{K + g_M \cdot \frac{i}{100} + g_3 \cdot \left(f_3 + \frac{i}{100} \right)}, \quad (2.4)$$

де P_{TN} – зусилля тягове трактора номінальне, $P_{TN} = 30$ кН на робочій швидкості

$$V_P = 8 \text{ км/год};$$

G_M – вага машини (комбінованого агрегату);

$$G_M = G_{CB} + G_{KT}, \quad (2.5)$$

де G_{CB} – вага сівалки, $G_{CB} = 13,6$ кН;

G_{KT} – вага культиватора, $G_{KT} = 21,4$ кН,

то

$$G_M = 13,6 + 7,8 = 21,4 \text{ кН};$$

g_M – відношення між вагою машини і конструктивною шириною захвату

$$g_M = \frac{G_M}{K}, \quad (2.6)$$

K – значення питомого тягового опору культиватора і сівалки

$$K = K_1 + K_2, \quad (2.7)$$

де K_1 – значення питомого тягового опору культиватора, $K_1 = 2,4$ кН/м;

K_2 – значення питомого тягового опору сівалки, $K_2 = 2,25$ кН/м,

відповідно

$$K = 3,35 + 2,25 = 5,6 \text{ кН/м};$$

тоді із залежності (2.6), матимемо

$$g_M = \frac{21,4}{5,6} = 3,8 \text{ кН/м};$$

g_3 – відношення між вагою зчіпки та шириною захвату

$$g_3 = \frac{G_3}{B_n}, \quad (2.8)$$

для розглядуваного випадку прийmemo $g_3 = 0$;

i – нахил місцевості поля, де працює агрегат нахилний, $i=0,02\%$;

ξ_p – коефіцієнт, що показує як використовується тягова сила трактора,

$$\xi_p = 0,94 .$$

З врахуванням отриманих результатів визначимо величину найбільшої ширини захвату агрегату

$$B_{\max} = \frac{\left(30 - 2,4 \cdot \frac{2}{100} \right) \cdot 0,94}{21,65 + 3,8 \cdot \frac{2}{100}} = 5,98 \text{ м.}$$

Прийmemo з врахуванням параметрів компонованих машин ширину захвату комбінованого агрегату 5,6м.

Визначаємо величину повного тягового опору комбінованого агрегату на сівбі соняшника з робочою швидкістю $V_p = 8 \text{ км/год}$

$$R_A = n_M \cdot \left(B_n \cdot \xi_b \cdot K + G_M \cdot \frac{i}{100} \right), \quad (2.9)$$

де n_M – потреба в агрегатах, $n_M = 1$;

ξ_b – коефіцієнт, що визначає використання конструктивної ширини захвату агрегату, прийmemo з врахуванням умов роботи $\xi_b = 1$.

Тоді

$$R_A = 1 \cdot (5,6 \cdot 1 \cdot 4,65 + 21,4 \cdot 0,02) = 26,47 \text{ кН.}$$

Визначимо ступінь завантаженості трактора за тяговим зусиллям [1, 2]

$$\xi_p = \frac{R_A}{P_{TN} - G_M \cdot \frac{i}{100}}. \quad (2.10)$$

Буде

$$\xi_p = \frac{26,47}{30 - 21,40 \cdot 0,2} = 0,9 .$$

Як енергозасіб у складі комбінованого агрегату використовуємо трактор ДТ-75М. Визначаємо ступінь завантаженості його тягової потужності [8]

$$\xi_{NT} = \frac{N_T}{N_{T_{\max}} - N_2} = \xi_P \cdot \frac{V_P}{V_{PH}}, \quad (2.11)$$

де N_T , $N_{T_{\max}}$, N_2 — потужності трактора фактична, найбільша і на проїзд кВт;

V_P , V_{PH} — дійсна та номінальна робочі швидкості агрегату, км/год.

Визначаємо фактичну, найбільшу та номінальну потужності агрегату:

$$N_T = \frac{R_A \cdot V_P}{3,6}; \quad (2.12)$$

$$N_{T_{\max}} = \frac{P_{TH} \cdot V_{PH}}{3,6}; \quad (2.13)$$

$$N_2 = \frac{G_M \cdot i \cdot V_P}{3,6}. \quad (2.14)$$

Отримаємо

$$N_T = \frac{26,47 \cdot 8,2}{3,6} = 60,3 \text{ кВт};$$

$$N_{T_{\max}} = \frac{30 \cdot 8}{3,6} = 66,7 \text{ кВт};$$

$$N_2 = \frac{21,4 \cdot 2 \cdot 8,2}{360} = 0,97 \text{ кВт}.$$

Тоді ступінь завантаженості за тяговим зусиллям буде

$$\xi_{NT} = \frac{60,3}{66,7 - 0,97} = 0,9.$$

Порівнюючи виконані розрахунки, матимемо:

$$\xi_{NT} > \xi_P, \quad V_P > V_{PH}, \quad R_A < R_{TH}.$$

Визначимо величину потужності двигуна трактора при заданому навантаженні

$$N_E = \frac{\left[R_A + G \cdot \left(f + \frac{i}{100} \right) \right] \cdot V_P}{3,6 \cdot \eta_M \cdot \eta_\delta}, \quad (2.15)$$

де f – коефіцієнт опору на переміщення трактора, $f = 0,02$;

G – вага агрегату;

η_M – ККД трансмісії $\eta_M = 0,91 \dots 0,92$;

η_δ – коефіцієнт, що визначає втрати потужності на буксування,

$$\eta_\delta = 1 - \frac{\delta}{100}, \quad (2.16)$$

тут $\delta = 2\%$.

Відповідно отриманим результатам визначимо потужність двигуна трактора

$$N_E = \frac{[26,47 + 21,4 \cdot (0,02 + 0,02)] \cdot 8}{3,6 \cdot 0,91 \cdot 0,92} = 72,5 \text{ кВт.}$$

Трактор ДТ-75 повністю відповідає потребам, оскільки номінальна потужність двигуна – $N_{EH} = 75 \text{ кВт.}$

Відповідно ступінь завантаженості трактора буде

$$\xi_{en} = \frac{72,5}{75} = 0,96 \text{ .}$$

2.3. Визначення вильоту маркерів сівалки. Вимоги до підготовки поля та визначення виконуваної агрегатом роботи

Визначимо виліт маркерів сівалки [1, 2, 8]

$$L_{л.л.} = \frac{B_n + K + C}{2}. \quad (2.17)$$

- виліт лівого

$$L_{л.} = \frac{5,6 + 1,4 + 0,7}{2} = 3,85 \text{ м;}$$

- виліт правого

$$L_{II} = \frac{5,6 - 1,4 + 0,7}{2} = 2,45 \text{ м.}$$

Перед початком роботи комбінованого агрегату виконують розбивку поля, відбиваючи по краях смуги для поворотів, попередньо визначивши їх ширину [1, 2, 8]

$$E = 1,5 \cdot R + e, \quad (2.18)$$

де R – радіус повороту виконуваного агрегатом на швидкості 3,2 км/год, м;
 e – довжина виїзду агрегату, м.

Величина радіусу повороту агрегату на швидкості 3,2 км/год

$$R = K_K \cdot R_0, \quad (2.19)$$

де R_0 – радіус повороту агрегату на швидкості 5 км/год;

K_K – коефіцієнт, яким враховують зростання радіуса повороту за умови збільшення його робочої швидкості, $K_K = 1,3$.

Визначимо радіус повороту агрегату на швидкості 5 км/год

$$R_0 = 3 \cdot B_n. \quad (2.20)$$

Буде

$$R_0 = 3 \cdot 5,6 = 16,8 \text{ м.}$$

Повний радіус повороту агрегату на поворотних смугах

$$R = 1,3 \cdot 16,8 = 21,84 \text{ м.}$$

Визначимо якою буде довжина виїзду агрегату

$$e = 0,1 \cdot l_k, \quad (2.21)$$

де l_k – довжина агрегату кінематична

$$l_k = l_T + l_M, \quad (2.22)$$

де l_T – довжина трактора, $l_T = 2,35$ м;

l_M – довжина машини (культиватора та сівалки разом), м.

Тоді

$$l_k = 2,35 + 3,9 = 6,25 \text{ м};$$

$$l_M = 2,35 + 3,9 = 6,25 \text{ м};$$

Відповідно

$$e = 0,1 \cdot 6,25 = 0,625 \text{ м.}$$

Довжина поворотних смуг

$$E = 1,5 \cdot 21,84 + 6,25 = 39 \text{ м.}$$

Враховуючи вимогу кратності ширини поворотної смуги ширині захоплення агрегату, приймаємо довжину смуг $E = 39,2$ м, що відповідає семи проходам комбінованого агрегату.

Робоча довжина одного гону

$$L_P = l_{\Pi} - 2 \cdot E, \quad (2.23)$$

де l_{Π} – довжина поля, $l_{\Pi} = 1000$ м.

Тоді

$$L_P = 1000 - 2 \cdot 39,2 = 921,6 \text{ м.}$$

Визначимо скільки потрібно робочих ходів агрегату [1, 2]

$$n_{p.x} = \frac{B_{\Pi}}{B_P}, \quad (2.24)$$

де B_{Π} – ширина поля, м, знаходимо її

$$B_{\Pi} = \frac{A_{\Pi}}{l_{\Pi}}, \quad (2.25)$$

тут A_{Π} – площа поля, $A_{\Pi} = 200 \cdot 10^4 \text{ м}^2$.

Тоді

$$B_{\Pi} = \frac{200 \cdot 10^4}{1000} = 2000 \text{ м.}$$

Відповідно

$$n_{p.x} = \frac{2000}{5,6} = 357 \text{ .}$$

Визначимо орієнтовну довжину холостих ходів агрегату

$$L_X = (0,6 \dots 1) \cdot R + 2 \cdot e \text{ .} \quad (2.26)$$

Буде

$$L_X = 21,36 + 2 \cdot 0,625 = 22,61 \text{ м.}$$

Визначаємо величину коефіцієнта робочих ходів агрегату [1, 2, 8]

$$\phi_{p.x} = \frac{\sum L_P}{\sum L_P + \sum L_X} = \frac{n \cdot L_P}{n \cdot L_P + n \cdot L_X} \text{ ,} \quad (2.27)$$

Тоді

$$\phi_{p.x} = \frac{921,6}{921,6 + 22,61} = 0,97 \text{ .}$$

Для укомплектованого комбінованого агрегата визначаємо роботу за зміну [1, 2]

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot T_{3M} \cdot \tau \text{ ,} \quad (2.28)$$

де τ – коефіцієнт, що визначає використання часу протягом зміни,

$$\tau = \frac{T_P}{T_{3M}} \text{ ,} \quad (2.29)$$

де T_P – час затрачений на основну роботу,

$$T_P = \frac{T_{3M} - T_{ПЗ} - T_{СТО} - T_{ОР} - T_{ПЕР}}{60 \cdot (1 + \tau_{ПОВ})} \text{ ,} \quad (2.30)$$

тут T_{3M} – тривалість зміни, $T_{3M} = 7$ год;

$T_{ПЗ}$ – час виділений на підготовку до роботи, $T_{ПЗ} = 4$ хв;

$T_{СТО}$ – час виділений на технічне обслуговування агрегату, $T_{СТО} = 32$ хв;

$T_{ОР}$ – час відведений для відпочинку, $T_{ОР} = 30$ хв;

$\tau_{ПОВ}$ – коефіцієнт поворотів агрегату, визначають з [1, 2, 8]

$$\tau = \frac{V_{П} \cdot t_{ПОВ}}{3,6 \cdot L} \text{ ,} \quad (2.31)$$

де V_{Π} – швидкість комбінованого агрегату на поворотах, $V_{\Pi} = V_P = 8$ км/год;

$t_{\text{ПОВ}}$ – час відведений на поворот, $t_{\text{ПОВ}} = 40$ с.

Розрахувавши, отримаємо:

$$\tau_{\text{ПОВ}} = \frac{8,4 \cdot 40}{3,6 \cdot 1000} = 0,09 ;$$

$$T_P = \frac{420 - 4 - 32 - 30 - 26}{60 \cdot (1 + 0,09)} = 4,97 \text{ год};$$

$$\tau = \frac{4,97}{7} = 0,71 ;$$

$$W_{3M} = 0,1 \cdot 5,68 \cdot 7 \cdot 0,71 = 22,2 \text{ га.}$$

Визначаємо витрату палива на 1га поля при виконанні технологічного процесу [1, 2, 8]

$$g_{\text{га}} = \frac{G_P \cdot T_P + G_{\text{ПОВ}} \cdot T_{\text{ПОВ}} + G_{\text{ПЕР}} \cdot T_{\text{ПЕР}} + G_{\text{ЗУП}} \cdot T_{\text{ЗУП}}}{W_{3M}}, \quad (2.32)$$

де $G_P, G_{\text{ПОВ}}, G_{\text{ПЕР}}, G_{\text{ЗУП}}$ – витрата пального протягом однієї години роботи відповідно на виконання: техпроцесу культивування та сівби, на повороти агрегата, на його переїзди та на зупинки з увімкненим двигуном, кг/год;

$T_{\text{ПОВ}}, T_{\text{ЗУП}}$ – сумарні затрати часу на виконання поворотів, зупинки з увімкненим двигуном, год. Визначаємо час на зупинки і поворот

$$T_{\text{ПОВ}} = T_P \cdot \tau_{\text{ПОВ}} ; \quad (2.33)$$

$$T_{\text{ЗУП}} = T_{\text{ПЗ}} + T_{\text{ОР}} . \quad (2.34)$$

Отримаємо

$$T_{\text{ПОВ}} = 0,1 \cdot 4,97 = 0,5 \text{ год};$$

$$T_{\text{ЗУП}} = 0,5 + \frac{4}{20} = 0,7 \text{ год.}$$

Тоді

$$g_{\text{га}} = \frac{16,5 \cdot 4,97 + 11 \cdot 0,5 + 10 \cdot \frac{26}{60} + 1,9 \cdot 0,56}{22,2} = 4,19 \text{ кг/га} = 4,93 \text{ л/га.}$$

2.4. Визначення сумарного тягового опору комбінованого агрегату

2.4.1. Визначення тягового опору культиватора

Комбінований агрегат виконує підготовку ґрунту під сівбу [1, 2, 8]

$$\sum W_{K.L} = W_{p.o.} + W_{пер} + W_i + W_{ин}, \quad (2.35)$$

де $W_{p.o.}$ – величина тягового опору робочих органів культиватора, кН;

$W_{пер}$ – значення тягового опору на пересування культиватора, кН;

W_i – величина тягового опору руху культиватора на схилі, кН;

$W_{ин}$ – тяговий опір інерції, що виникає при рушанні з місця агрегату, кН.

Визначаємо яким має бути тяговий опір необхідний для пересування культиватора

$$W_{пер} = G_{pm} \cdot f_{\partialс}, \quad (2.36)$$

де G_{pm} – сила ваги культиватора, кН;

$f_{\partialс}$ – коефіцієнт руху, $f_{\partialс} = 0,15$.

Сила ваги

$$G_{pm} = m_K \cdot g, \quad (2.37)$$

де m_K – маса культиватора, $m_K = 780$ кг. Тоді $G_{pm} = 780 \cdot 9,8 = 7644$ Н=7,64кН.

Визначимо якою буде величина тягового опору руху знаряддя на схилі

$$W_i = G_{pm} \cdot i = G_{pm} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.38)$$

де α – кут нахилу поля, $\alpha = 12^\circ$.

Визначимо значення тягового опору інерції знаряддя при рушанні з місця

$$W_{ин} = \frac{G_{pm}}{g} \cdot \frac{V}{t_p}, \quad (2.39)$$

де V – швидкість руху, $V = 2$ м/с;

t_p – час розгону, $t_p = 2 \dots 3$ с.

Визначаємо тяговий опір робочих органів культиватора

$$W_{po} = K_1 \cdot B \cdot a, \quad (2.40)$$

де K_1 – значення питомого коефіцієнта опору обробітку ґрунту культиваторною лапою, кН/м²;

B – ширина захвату культиватора, $B = 5,6$ м;

a – глибина обробітку, $a = 0,06$ м.

Визначаємо величину питомого коефіцієнта опору обробітку ґрунту культиваторною лапою

$$K_1 = \frac{P_{p1} + W_{ВД}}{b \cdot a}, \quad (2.41)$$

де P_{p1} – складова сили опору різання ґрунту лезом лапи, кН;

$W_{ВД}$ – опір рухові скиби ґрунту по поверхні культиваторної лапи, кН;

b – ширина захоплення культиваторної лапи, $b = 0,33$ м.

Складову сили опору різання ґрунту лезом лапи визначаємо за формулою проф. А.М. Панченка

$$\begin{aligned} P_{P1} = & C_{ПТ} \left[\frac{0,66 a^2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2}{\cos (\alpha_p + \varphi_2)} + \left(b + \frac{a}{2 \sin \alpha_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_2} \right) \cdot a \right] + \\ & + 4,9 \left(b + \frac{a}{2 \sin \alpha_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_2} \right) \cdot a^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2} \right) \cdot \gamma \sin \varphi_2 + \\ & + \cos (\varphi_p - \varphi_2) \cdot \cos \alpha_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + \\ & + a^2 \left\{ 0,5 C_{ПТ} \left[\operatorname{tg} (\alpha_p + \varphi_2) + \operatorname{ctg} \alpha_p \right] \cdot \left[\frac{0,66 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2}{\cos (\alpha_p + \varphi_2)} \right] + \right. \\ & \left. + 4,9 \alpha_p \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2} \right) \cdot \sin \varphi_2 \cdot \gamma \right\} \cdot f g \varphi_1 + k' (z + \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot x) \times \\ & \times \left(b + \frac{a}{2 \sin \alpha_p \cdot \operatorname{tg} \varphi} \right) + 9,81 \left(b + \frac{a}{2 \sin \alpha_p \cdot \operatorname{tg} \varphi} \right) \cdot a \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \varphi}{\sin (\alpha_p + \varphi)} \cdot V_p^2 \times \\ & \times \cos \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{i + \sin \varphi_1}{\cos \varphi_1} \right) - \varphi_2 \right] \end{aligned} \quad (2.42)$$

де α_p – кут різання ґрунту, $\alpha_p = 28^\circ$;

$C_{\text{пг}}$ – питоме зчеплення дрібних агрегатів (часточок) ґрунту,

$$C_{\text{пг}} = 0,15 \text{ кН/м}^2 [22-25];$$

φ_1, φ_2 – кути тертя ґрунту, внутрішній і зовнішній, $\varphi_1 = 22^\circ$, $\varphi_2 = 30^\circ$;

k' – несуча здатність ґрунту, залежить від морфологічного складу,

$$k' = 100 \text{ кН/м}^2;$$

γ – густина ґрунту, $\gamma = 1,4 \text{ т/м}^3$;

θ – задній кут, $\theta = 0^\circ$;

x, z – параметри площини затуплення леза лапи, $x = z = 0,001 \text{ м}$;

δ_p – товщина різального краю лапи, $\delta_p = 0,001 \text{ м}$;

V_p – швидкість руху агрегата робоча, $V_p = 2,2 \text{ м/с}$;

b_3 – ширина захоплення культиваторної лапи приведена, яку визначаємо за формулою

$$b_3 = b_k + \frac{a}{2 \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_1} \cdot \frac{1}{\sin \alpha_p}, \quad (2.43)$$

де ε_1 – кут розташований між передньою стороною лапи і дном борозни,

$$\varepsilon_1 = 2^\circ.$$

Досліджувані параметри леза культиваторної лапи зображені на рис. 2.4.

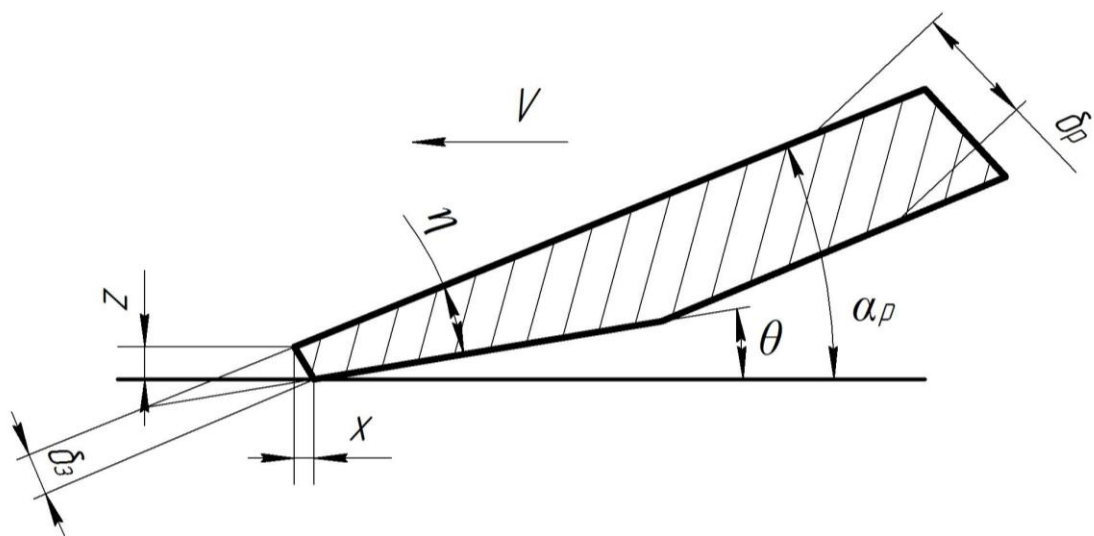


Рисунок 2.4

Користуючись їх значеннями отримаємо складову сили різання ґрунту лезом культиваторної лапи згідно залежності (2.42), враховуючи рівняння (2.43)

$$\begin{aligned}
 P_{p1} = C_{III} & \left[\frac{0,66 \cdot 0,06^2 \cdot \operatorname{ctg} 30^\circ}{\cos (28^\circ + 30^\circ)} + 0,036 \cdot 0,04 \right] \cdot \operatorname{tg} (28^\circ + 30^\circ) + \\
 & + 4,9 \cdot 0,036 \cdot 0,06^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) \cdot 1,4 \left[\sin 30^\circ + \cos \left(25^\circ - 22^\circ \right) \cdot \cos 28^\circ \cdot \operatorname{tg} 22^\circ + \right. \\
 & + 0,06^2 \left\{ 0,5 \cdot 0,15 \left[\operatorname{tg} (58^\circ + 28^\circ) \cdot \left[\frac{0,66 \operatorname{ctg} 30^\circ}{\cos (22^\circ + 30^\circ)} \right] + 4,9 \cdot 0,0005 \operatorname{tg}^2 30^\circ \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,4 \right] \right\} \times \\
 & \times \operatorname{tg} 22^\circ + 100 (0,001 + \operatorname{tg} 22^\circ \cdot 0,001) \cdot 0,036 + 1,4 \cdot 0,06 \cdot 0,036 \cdot \frac{\sin 28^\circ \cdot \cos 30^\circ}{\sin 28^\circ} \cdot 2,2 \left. \right] \times \\
 & \times \sin (30^\circ + 22^\circ) = 0,53 \text{ кН} .
 \end{aligned}$$

Визначимо опір рухові скиби ґрунту по поверхні культиваторної лапи,

$$W_{BD} = 4,9 \cdot H^2 \cdot \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 0,5\varphi_2) \cdot \gamma \cdot \cos (\varphi_1 - \alpha_p) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \cos \gamma , \quad (2.44)$$

де l – довжина шляху, яким рухається скиба по лапі, $l = 0,2$ м;

H – висота, на яку піднімається скиба по лапі, $H = 0,08$ м.

Розв'язавши (2.43), отримаємо

$$W_{BD} = 4,9 \cdot 0,2 \cdot 0,08^2 \cdot \operatorname{tg}^2 30^\circ \cdot 1,4 \cdot \cos 30^\circ \cdot \operatorname{tg} 22^\circ \cdot \cos 30^\circ = 0,06 \text{ кН}.$$

Визначимо залежності (2.38)-і врахувавши (2.41):

$$K_1 = \frac{0,53 + 0,06}{0,33 \cdot 0,06} = 29,8 \text{ кН/м}^2;$$

$$W_{po} = 29,8 \cdot 5,6 \cdot 0,06 = 10,01 \text{ кН};$$

$$W_{nep} = 780 \cdot 9,81 \cdot 0,15 = 1,15 \text{ кН};$$

$$W_i = 780 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 1,53 \text{ кН};$$

$$W_{in} = 780 \cdot \frac{2}{2} = 0,78 \text{ кН}.$$

Визначаємо тяговий опір культиватора користуючись залежністю (2.35)

$$\sum W_{KL} = 10,01 + 1,15 + 1,53 + 0,78 = 13,47 \text{ кН}.$$

2.4.2. Визначення тягового опору котків-грудкоподрібнювачів

Створити кращі якісні показники підготовки ґрунту під посів соняшника з використання комбінованого агрегату можна встановивши пруткового типу котки-грудкоподрібнювачі (рис. 2.5 та ілюстративний матеріал) у хвостовиках секцій базового культиватора КРН-5,6, використововуваного для передпосівного обробітку ґрунту. Для встановлення котків спершу потрібно розрахувати їх основні параметри – діаметр і ширину, на яку буде контактувати коток з ґрунтом. Діаметр котка вибирають з умови, що при його наштовхуванні на велику за діаметром грудку ґрунту він має перекотитися через неї та зруйнувати її на окремі невеликі агрегати.

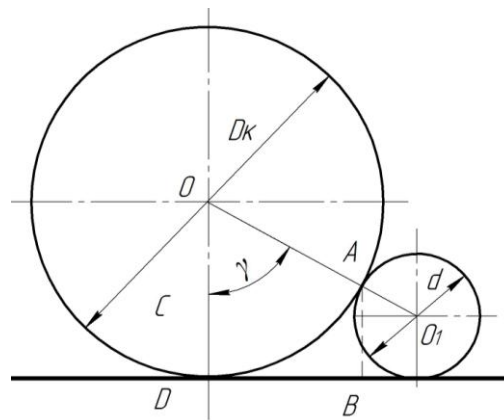


Рисунок 2.5

Нормальна робота котків відбувається за умови затиснення грудок ґрунту [1, 23]

$$\varphi \leq \varphi_1 + \varphi_2, \quad (2.45)$$

де φ – кут затиснення грудки, град;

φ_1, φ_2 – кути, які визначають внутрішнє і зовнішнє тертя, град,

$$\varphi_1 = 22^\circ, \varphi_2 = 30^\circ.$$

Визначаємо, яким має бути мінімальний діаметр пруткового котка-грудкоподрібнювача

$$D_{K \min} = d_{50 \Pi} \left\{ \frac{1 + 0,5 g [\sin (\varphi_1 + \varphi_2) + \cos (\varphi_1 + \varphi_2) \operatorname{tg} \varphi_2] \cdot (\varphi_1 + \varphi_2) \cdot d_{50 \Pi}}{V_p} \right\} \quad (2.46)$$

де $d_{50 \Pi} = 2 \text{ мм} = 0,002 \text{ м}$;

V_p – швидкість, з якою рухається агрегат під час роботи машин, $V_p = 2,2$ м/с.

Отримаємо

$$D_{K \min} = 0,002 \left\{ \frac{1 + 0,5 \cdot 9,81 [\sin 52^\circ + \cos 52^\circ \operatorname{tg} 30^\circ] (0,52 + 0,38) 0,002}{2,2} \right\} \approx 0,0015 \text{ м.}$$

Прийmemo коток прутковий серійний з діаметром $D_K = 0,24$ м.

Визначаємо орієнтовну ширину, на яку відбуватиметься контакт котка з ґрунтом

$$B_K = \sqrt{D_K \cdot h_K - h_K^2}, \quad (2.47)$$

де h_K – глибина колії, $h_K = 0,002$ м.

Тоді ширина контакту буде

$$B_K = \sqrt{0,24 \cdot 0,002 - 0,002^2} = 0,022 \text{ м.}$$

Прийmemo, виходячи з конструктивних міркувань, ширину котка $L_K = 0,668$ м.

Визначаємо тяговий опір одного котка

$$W_K = 9,81 \cdot G_p \cdot \left(f_{DB} + \operatorname{tg} \alpha + \frac{V}{9,81 \cdot t_p} \right). \quad (2.48)$$

Розрахуємо

$$W_K = 9,81 \cdot 0,02 \cdot \left(0,15 + 0,21 + \frac{2,2}{9,81 \cdot 2} \right) = 0,08 \text{ кН.}$$

Визначаємо тяговий опір котків-грудкоподрібнювачів, що є складовими комбінованого агрегату

$$\sum W_K = W_K \cdot n_K, \quad (2.49)$$

де n_K – кількість котків в агрегаті, $n_K = 9$.

Відповідно

$$\sum W_K = 0,08 \cdot 9 = 0,72 \text{ кН.}$$

Визначаємо тяговий опір агрегата у складі культиватора і котків

$$P = \sum W_{KL} + \sum W_K = 13,47 + 0,72 = 14,19 \text{ кН.}$$

2.4.3. Визначення тягового опору сівалки СУПН-8

Сівалки які використовують для сівби просапних культур мають здебільшого значення середнього тягового опору в межах 2,1-2,4кН/м, визначимо тяговий опір сівалки СУПН-8, яку використано у складі комбінованого агрегату для сівби соняшника

$$W_C = P_{cp} \cdot B , \quad (2.50)$$

отримаємо

$$W_C = 2,25 \cdot 5,6 = 12,6 \text{ кН.}$$

Визначаємо загальний тяговий опір удосконаленого комбінованого агрегату для сівби соняшника на зерно

$$W_{AK} = W_C + P , \quad (2.51)$$

матимемо

$$W_{AK} = 14,19 + 12,6 = 26,79 \text{ кН.}$$

За тяговими можливостями гусеничний трактор ДТ-75М під час роботи на четвертій передачі розвиває зусилля у 31кН, що достатньо для компоновки комбінованого агрегату для вирощування соняшника на зерно.

2.5. Міцнісний розрахунок транспортного пристрою культиватора

Транспортним пристроєм застосовуваного у складі комбінованого агрегату культиватора є рама (ілюстративний матеріал), яку у спрощеному вигляді зображаємо як статично невизначену систему, що поєднує дві стійки та ригель (рис. 2.6). Враховуючи попередньо виконані розрахунки, вважатимемо, що на центральний перетин ригеля діятимуть 2/3 сили ваги усього культиватора. Міцнісний розрахунок транспортного пристрою виконаємо почергово для його окремих елементів, перевіривши спершу ригель на міцність, потім перевіривши вертикальні стійки на стійкість.

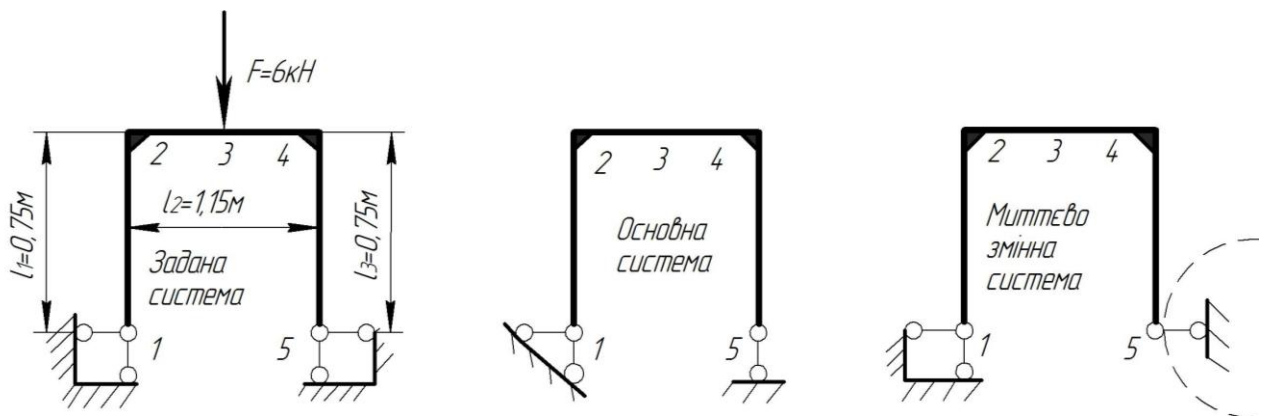


Рисунок 2.6

Вважаємо, що ригель є стрижнем, який покажемо як балку на двох опорах (рис. 2.7), на центр якої діє сила $F = 6$ кН. Прийmemo, форму поперечного перетину ригеля – пустотілий квадрат, сторона якого $a = 0,08$ м, товщина стінки $b = 0,005$ м.

Опорні реакції балки-ригеля

$$R_A = R_B = F/2 = 6/2 = 3 \text{ кН.}$$

Користуючись методом перерізів і правилом знаків для визначення силових факторів побудуємо епюри внутрішніх силових факторів – поперечної сили $Q(x)$ і згинального моменту $M(x)$:

На ділянці 1 (рис. 2.8а) $0 \leq x_1 \leq 0,575$ м (справа).

Вираз для поперечної сили $Q(x) = -R_B = -3$ кН.

Вираз для згинального моменту $M(x) = R_B \cdot x_1 = 3 \cdot x_1$:

якщо $x_1 = 0$, то $M(x) = 0$;

якщо $x_1 = 0,575$ м, то $M(x) = 3 \cdot 0,575 = 1,725$ кНм.

На ділянці 2 (рис. 2.8б) $0 \leq x_2 \leq 0,575$ м.

Вираз для поперечної сили $Q(x) = -R_B + F = -3 + 6 = 3$ кН.

Вираз для згинального моменту

$$M(x) = R_B \cdot (0,575 + x_2) - F \cdot x_2 = 3 \cdot (0,575 + x_2) - 6 \cdot x_2 = 1,725 - 3 \cdot x_2;$$

якщо $x_2 = 0$, $M(x) = 1,725 - 3 \cdot 0 = 1,725$ кНм;

якщо $x_2 = 0,575$ м, то $M(x) = 1,725 - 3 \cdot 0,575 = 0$.

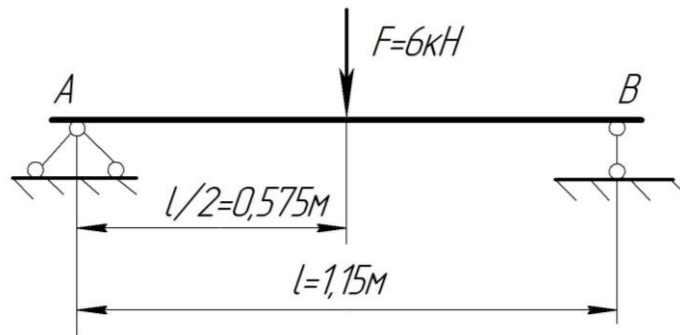


Рисунок 2.7

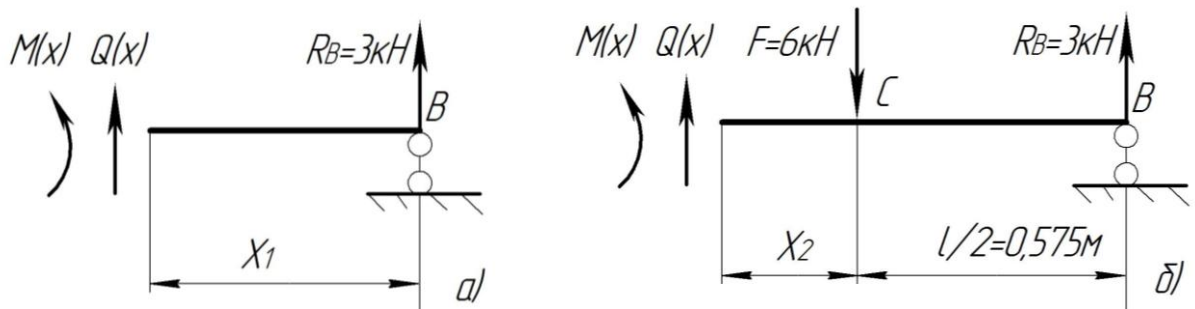


Рисунок 2.8

За отриманими значеннями побудовані епюри перерізуючих сил $Q(x)$ і згинальних моментів $M(x)$ для ригеля транспортного пристрою (рис. 2.9).

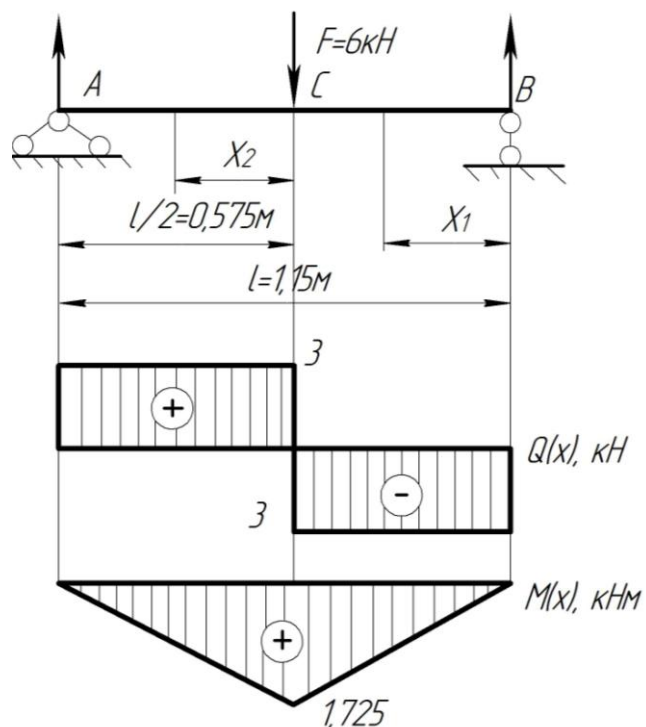


Рисунок 2.9

З епюр (див. рис. 2.9) визначасмо небезпечний перетин балки – перетин у якому виникають найбільші значення згинального моменту і перерізуючої сили
 $- M_{\max} = 1,725 \text{ кНм}; \quad Q_{\max} = 6 \text{ кН}.$

Балка перебуває під дією згину, тому користуючись умовою міцності за нормальними напруженнями, які виникають при згині визначаємо потрібний осьовий момент опору поперечного перетину стійок лап культиватора [6, 7]

$$\frac{M_{\max}}{W_z} \leq [\sigma], \quad (2.52)$$

звідки необхідний момент опору поперечного перетину балки

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]}, \quad (2.53)$$

визначимо числове значення

$$W_z \geq \frac{1,725 \cdot 10^{-3}}{160 \cdot 10^6} = 10,78 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 10,78 \text{ см}^3.$$

Поперечний перетин балки-ригеля квадратний пустотілий трубчастий, то визначимо для нього осьовий момент опору перетину, записавши його через геометричні параметри перетину

$$W_{zP} = \frac{a^3}{6} - \frac{a_1^3}{6}, \quad (2.54)$$

де a – зовнішній розмір перетину, $a = 8 \text{ см} = 80 \text{ мм}$;

a_1 – внутрішня сторона перетину, $a_1 = 7 \text{ см} = 70 \text{ мм}$, тоді

$$W_{zP} = \frac{8^3}{6} - \frac{7^3}{6} = 39,56 \text{ см}^3.$$

Виконання умови міцності забезпечується, якщо $W_{zP} > W_z$. Визначимо коефіцієнт запасу міцності

$$n_z = \frac{W_{zP}}{W_z} = \frac{39,56}{10,78} \approx 3.$$

Аналізуючи результати розрахунків можна стверджувати, що удосконалена конструкція комбінованого агрегату застосовуваного на сівбі соняшника є доцільною.

3. ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКТАЦІЇ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТУ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА НА ЗЕРНО

3.1. Комплектування комбінованого агрегату для вирощування соняшника на зерно з суцільним внесенням гербіцидів

Завдяки великій потужності сучасних та оновлених моделей тракторів технології вирощування сільськогосподарських культур покращують поєднуючи в одиниці ґрунтообробний чи обробно-посівний агрегат два, а деколи три і чотири різних видів знарядь, чим здійснюють допосівний обробіток або суміщений із сівбою, скорочуючи число робочих ходів агрегатів полем. Комплектуючи такі агрегати аналізують спершу стан ґрунту, попередника та можливість отримання бажаних результатів враховуючи вимоги як до стану ґрунту, так і можливості знарядь та енергозасобів.

У даній роботі досягти ефективності технології вирощування соняшника на зерно можна завдяки комбінованому ґрунтообробному агрегату, як основному знаряддю для передпосівної підготовки ґрунту дообладнавши його встановленням сівалки та знаряддя для суцільного внесення гербіцидів, чим забезпечиться інтенсивна технологія вирощування соняшника на зерно за умови послідовного ціленаправленого впливу на посіви, враховуючи тим самим фази розвитку рослин соняшника та можливу появу бур'янів з врахуванням їх фаз розвитку та ймовірну появу спеціалізованих чи багатокісних шкідників, можливе зараження посівів хворобами, забезпечивши отримання програмованого урожаю [1, 2, 18, 24].

В інтенсивній технології вирощування врожайність підвищується завдяки поєднанню досконаліших агротехнічних прийомів при своєчасному та якісному виконанню технологічних операцій догляду за посівами при врахуванні потреб культурних рослин у кожній фазі їх розвитку.

Застосування інтенсивної технології передбачає внесення добрива частинами у три-чотири заходи відповідно до фаз розвитку культурних рослин, зокрема соняшника, як культури високого виносу поживних елементів з ґрунту, чим реалізується повноцінне застосування добрив, при цьому потрібно

враховувати глибину, на якій залягають ґрунтові води, якщо вона не перевищуватиме трьох метрів, то відмінність між внесенням добрив за один прийом та частинами не помітна; враховуючи такі особливості засвоєння поживних елементів, за потреби покращення розвитку культурних рослин та запобігання неінфекційним хворобам, вносять мікроелементи та регулятори росту, а також здійснюють заходи захисту посівів соняшника від появи бур'янів, шкідників і розвитку хвороб.

Використання інтенсивної технології вирощування соняшника на зерно потребує змін системи основного, а найбільше передпосівного обробітку, планованих під сівбу полів та зміни у догляді за посівами. До прикладу, підготовка ґрунту після попередників, що є зерновими колосовими, поєднує лущення стерні, глибоке чизелювання зябу, ранньовесняне боронування разом з передпосівною культивацією, сівбу з стрічковим внесенням гербіцидів, реалізуючи все це в одному проході агрегату полем.

Якщо до прикладу попередником була кукурудза для силосу, то дискують стерню, вносять загально винищувальні гербіциди, чизелюють ґрунт, ранньою весною боронують зяб, виконують передпосівну культивацію суміщаючи із суцільним внесенням гербіцидів та прикотковуванням ґрунту разом з культивацією таз сівбою соняшника за один прохід агрегату. При появі сходів соняшника виконують одноразове боронування, вносячи страховий гербіцид, щоб запобігти появі коренепаросткових і широколистих бур'янів, а в подальшому це двічі виконують міжрядний обробіток [22-25].

Пропонована технологія вирощування соняшника на зерно є енергозберігаючою завдяки заміні оранки плугами на чизелювання та передпосівним обробітком, що суміщає операції підготовки ґрунту (культивація, коткування) з внесенням гербіцидів і зменшенням міжрядних обробітків. Реалізувати розроблену технологію вирощування соняшника можна використавши комбінований агрегат (ілюстративний матеріал), що забезпечить обробіток ґрунту поєднавши його з внесенням гербіцидів і сівбою, який монтують на гусеничний трактор типу ДТ-75М. Комбінований агрегат поєднує встановлення культиватора КРН-5,6 переобладнаного для суцільного обробітку, на передню балку трактора,

обприскувача типу ПОМ-63 з шестеренним насосом від ВВП трактора та сівалки СУПН-8, яку встановлюють на задню гідроначіпку трактора не застосовуючи зміни чи переобладнання конструкції, а привод насоса реалізується гідросистемою трактора.

Обов'язковою умовою якісного використання комбінованого агрегата є співрозмірність його ґрунтообробної частини з шириною захоплення сівалки, тому посівний агрегат, тяговим пристроєм якого є трактор ДТ-75М, у якого на передній начіпний пристрій монтують видозмінений культиватор просапного типу КРН-5,6 (ілюстративний матеріал). Щоб комбінований агрегат працював як фронтальна машина, раму автозчіпки СА-2 розвертають на 180^0 і кріплять хомутами по центру на задню сторону культиваторного бруса; при такому з'єднанні лапи культиватора будуть розташовані у просторі створюваному передньою частиною трактора та пристроєм начіпки культиватора.

У кронштейнах ґрунтообробних секцій встановлюють стрілочасті лапи, ширина захвату яких 330мм, їх поміщають по три у секції 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 шахматним порядком; крайні секції 1, 9 мають по дві лапи; відповідно всього на культиваторі є двадцять п'ять стрілочастих лап, які встановлюють без перекриття, забезпечивши сумарну ширину захвату 8,3 м. Потрібну глибину обробітку робочих органів регулюють у полі переміщуючи сектор керування опорного колеса у кожній секції [1, 2].

Закультивоване поле потрібно вирівняти, щоб створити умови рівномірної глибини загортання насіння, для цього у хвостовиках секцій культиватора встановлюють пруткові котки для подрібнення грудок ґрунту.

Культиватора КРН-5,6 із встановленими по-новому лапами навішують на передню начіпну систему трактора дотримуючись послідовності рекомендованої інструкцією з експлуатації – нижню та центральну тяги у гідронавісці трактора з'єднують рамкою автозчіпки СА-2 встановивши рамку вертикально та змінивши довжину розкосів і центральної тяги. Приєднують трактор до культиватора при під'їзді його переднім ходом та опущеній рамці автозчіпки у нижньому положенні, виконують це маневруючи доти, поки рамка потрапить у

простір замка встановлений на культиваторі, далі піднімають рамку автозчіпки, щоб відбулося з'єднання при спрацюванні зачіпки автозчіпки.

Внесення гербіцидів під час сівби соняшника з використання комбінованого агрегату виконують монтованим малооб'ємним підживлювачем-обприскувачем ПОМ-630 з шириною захоплення 50-100м при регулюванні норми витрачення робочої рідин від 10л/га до 50л/га. За будовою підживлювач ПОМ-630 має два баки об'ємом 630л, які кріплять двома кронштейнами, шестеренчастий насос, всмоктувальну та напірну комунікації, штангу для підживлювання газоструминний ежектор та інші елементи. Підживлювальним пристроєм виконують суцільне обприскування або підживлення культурних рослин забезпечуючи ширину захвату 2,8-16,2м з продуктивністю роботи 1,76-19,4га/год отримуючи крутний момент з ВВП трактора [1, 2].

Монтуючи обприскувач ПОМ-630 у комбінований агрегат, керуються інструкцією до роботи, встановивши у передній частині рами трактора дві місткості, які у нижній частині з'єднані шлангом, об'єм баків по 315л кожен, закріпивши болти кріплення кронштейнами. На ВВП трактора поміщають шестеренний насос; забірний трубопровід, у якого є фільтр встановлюють від баків до насоса і далі до регулятора тиску, з якого робочий розчин надходить у штангу закріплену на головний брус сівалки СУПН-8. Перевіряють манометр, демпфер, фільтри та відсікачі потоку рідини, що є у корпусах розпилювачів.

Сівбу соняшника у складі комбінованого агрегату виконують сівалкою універсальною пневматичною начіпною СУПН-8, що висіває велико насінні просапні культури способом пунктирної сівби на робочій швидкості до 3,3м/с при одночасному внесенні мінеральних добрив. У сівалці є прилад автоматичного контролю процесу висіву насіння та його вмісту в бункерах.

Основою сівалки є рама, до якої кріплять усі складові; основний брус у центральній частині має отвори, щоб встановлювати замок автозчіпки; по кінцях рами є фланці, що кріплять кронштейни маркерів, з боків замка автозчіпки є кронштейни, щоб встановити маркери у транспортне положення. Кожну посівну секцію через паралелограмний механізм кріплять до рами сівалки, приєднують також висівні апарати з бункерами для насіння,

комбіновані сошники, загортачі, прикочувальні колеса, шлейфи, механізми, що приводять в рух висівні диски і регулюють глибину ходу сошників.

Опорно-копіюючі колеса секцій сівалки мають тяги, до яких кріплять пристрій, щоб розбризкувати робочий розчин гербіциду по дну та стінках борозни. Таке пристосування не збільшуватиме габарити посівної машини, тому у посівного агрегату буде збережена ширина захвату – 5,6м.

Сівалку обладнують пневматичними висівними апаратами, висівний диск якого встановлюють на квадратний кінець вала, який обертається у втулках, встановлених у корпус висівного апарата.

Приводну зірочку висівного апарата встановлюють на протилежний кінець вала, вона отримує рух ланцюговою передачею від контрприводного вала. Біля висівного диска на квадратний кінець вала встановлюють ворушилку насіння, щоб його постійно зрушувати запобігаючи утворенню склепінь та уникаючи притискання висівного диска до кришки. Висівних дисків для і комплектування сівалки є чотири види, що мають різну кількість отворів і діаметрів, відповідно для різного за формою і розмірами насіння.

Сівалка має полозовидні сошники, тукові і насінневі п'ятки, тукові лійки та тяги. У верхній частині сошників кріплять корпус висівного апарата та бункер для насіння, приєднуючи їх шарнірно до рами сівалки через паралелограмний механізм, до складу якого входить жорстко закріплений на рамі кронштейн, верхні та нижні повідці і корпус апарата. Переведення сівалки у положення для транспортування при якому потрібно підняти посівні секції та щоб створити у робочому положенні сівалки необхідний тиск на сошник, використовують верхні повідці, які шарнірно приєднують до рами сівалки користуючись штангою з пружиною.

Прикочувальне колесо для ущільнення ґрунту над насінневим ложем встановлено на осі рамки, яка шарнірно кріпиться до корпусу висівного апарата. Рамку колеса фіксують пружинним шплінтом на кулісі у потрібному положенні щодо корпусу сошника. Перевстановлюючи прикочувальне колесо щодо полоза сошника змінюють глибину, на яку загортають насіння у ґрунт.

До рамки прикочувального колеса шарнірно прикріплюють два загортачі

встановивши їх попереду колеса; рамкою жорсткої конструкції ззаду колеса шарнірно приєднують шлейф для загортання і вирівнювання ґрунту.

Опорно-приводні колеса мають механізм передач встановлений на кронштейн, який приєднують до рами сівалки скобами, забезпечуючи тим самим урухомлення двох туковисіваючих і чотирьох насіннєвисіваючих апаратів. Регулювання кількості висівання насіння виконують змінюючи передавальним механізмом частоту обертів висівних дисків і замінюючи самі диски. Регулювання кількості внесення мінеральних добрив змінюють величиною відкриття у туковисівних апаратах АТД-2 висіваючих вікон. Глибини ходу сошників змінюють переставляючи шплінт з'єднання куліси посівної секції та рамки прикочувального колеса.

Навішують сівалку СУПН-8 на задню гідроначіпку трактора дотримуючись інструкції з експлуатації у такому порядку: спершу рамку автозчіпки СА-2 встановлюють через нижні і центральну верхню тяги на гідроначіпку трактора; рамку встановлюють вертикально змінивши довжину центральної тяги та вертикальних розкосів. З сівалки СУПН-8 знімають гідродвигун ГМШ-32 замінивши його на ГМШ-46, щоб забезпечити частоту обертання насоса-ексгаустера 4200об/хв. Трактор під'їхавши до сівалки заднім ходом опускає рамку СА-2 донизу маневруючи так, щоб вона помістилася у простір замка сівалки; потім гідросистемою підіймають рамку автозчіпки до її контакту із замком і подальшого спрацювання.

Перевіряють роботу гідросистеми трактора по чергово підіймаючи та опускаючи культиватор і сівалку кілька разів і спостерігаючи за процесом; якщо трапляється, що піднімання начіпних машин відбувається ривками або зовсім не відбувається, то перевіряють рівень робочої рідини резервуара гідросистеми трактора, а при потребі, доливають мастило до необхідного рівня та видаляють повітря, що міститься у напірних магістралях гідросистеми. Підключають силовий гідроциліндр, який керує маркерами сівалки і перевіряють їх підйом та опускання.

3.2. Обґрунтування можливості використання сівалки СУПН-8 для комплектації комбінованого агрегату для вирощування соняшника на зерно

Технології вирощування сільськогосподарських культур охоплюють широкий спектр агротехнічних завдань, значну частку у яких займає обґрунтований вибір машин та знарядь для виконання різних операцій, однією з визначальних серед яких є сівба. Для зміненої технології вирощування соняшника на зерно потрібно аргументувати використання пневматичної начіпної універсальної сівалки СУПН-8 використовуваної для сівби пунктирним способом різних просапних культур з поєднанням внесення туків для входження як одне з основних компоновальних знарядь в удосконалюваний комбінований агрегат, що реалізує передпосівний обробіток ґрунту та сівбу соняшника. Рух сівалки СУПН-8 у загальному виді, користуючись схемою для визначення її тягового опору (рис. 3.1), опишемо рівнянням [1, 2, 8]

$$\Sigma W_{civ} = W_f + W_i + W_{ин} + W_c, \quad (3.1)$$

де W_f – опір тяговий при перекочуванні сівалки, кН;

W_i – опір при пересуванні на ухилі, кН;

$W_{ин}$ – опір тяги під час рушання, кН;

W_c – опір, що виникає при ковзанні полозоподібних сошників, кН.

Визначимо величину тягового опору при перекочуванні сівалки

$$W_f = \frac{9,81 \cdot m \cdot (L_1 - e)}{L_1} \cdot f_{gB}, \quad (3.2)$$

де m – маса сівалки, 1,36т;

L_1 – відстань між віссю опорного колеса і сошником, м;

e – ексцентриситет, вказує розташування маси сівалки до опорного колеса;

f_{gB} – коефіцієнт, що визначає рух колеса

$$f_{gB} = \frac{q^2 \cdot B \cdot z}{9,81^2 \cdot G \cdot c}, \quad (3.3)$$

де q – величина питомого тиску на ґрунт спричинена опорно-приводними колесами, кН/м^2 ;
 B – ширина опорно-приводного колеса сівалки, $0,1\text{м}$;
 z – число коліс сівалки, два;
 c – коефіцієнт, що відповідає питомому опору сівалки, 40кН/м^3 ;
 G – маса використовуваної сівалки.

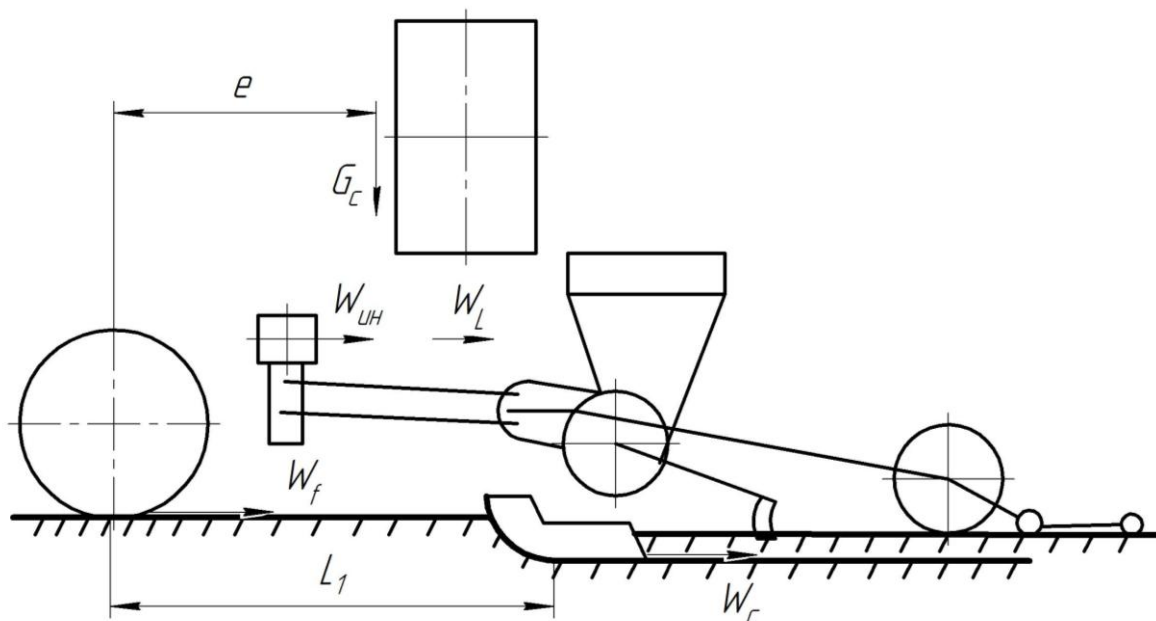


Рисунок 3.1

Визначимо яким буде значення питомого тиску опорно-приводних коліс сівалки на ґрунт

$$q = \frac{9,81 \cdot (L_1 - e) \cdot m}{L_1 \cdot \pi \cdot B \cdot \sqrt{\frac{2,94 \cdot D_0 \cdot m \cdot (L_1 - e)}{p \cdot L_1}} \cdot \sqrt{\frac{1}{z \cdot B}} - \frac{8,64 \cdot m^2 \cdot (L_1 - e)^2}{L_1^2 \cdot p^2} \cdot \frac{1}{D_0 \cdot B}}, \quad (3.4)$$

тут D_0 – величина діаметра опорного колеса сівалки, $0,51\text{м}$;

p – тиск у шинах коліс сівалки, 120кПа .

Визначимо яким буде тяговий опір при русі сівалки на схилі

$$W_i = \frac{9,81 \cdot (L_1 - e)}{L_1} \cdot \text{tg } \alpha, \quad (3.5)$$

де α – кут уклону чи схилу.

При рушанні агрегату з місця виникає тяговий опір

$$W_{ин} = \frac{m \cdot (q - \delta)}{t_p}, \quad (3.6)$$

де δ – коефіцієнт буксування, якщо сівалка рухається зі швидкістю 2,2м/с,
то $\delta = 0,08$;

t_p – час прискорення агрегату, 2с.

На сівалці СУПН-8 встановлені полозовидні сошники, тяговий опір ковзання яких описується залежністю

$$W_c = 9,81 \cdot m \cdot \frac{e}{L_1} \cdot f_{ков}, \quad (3.7)$$

де $f_{ков}$ – коефіцієнт, що визначає ковзання сошників, у межах 0,25-0,35,
приймаємо 0,35.

Ексцентриситет розташування рівнодійної маси сівалки щодо опорно-приводного колеса визначаємо графічно – у масштабі М1:5 викреслюємо розміщення робочих органів сівалки та наносимо напрями діючих сил (рис. 3.2). Приймавши масштаб М1:20 зліва і справа розташовуємо послідовно сили ваги, а саме: G_1 – маса рами сівалки разом з маркером, $G_1 = 0,33 \cdot G$;

G_3 – маса апарата для висівання туків, $G_3 = 0,11 \cdot G$;

G_4 – маса насіннєвисівного апарата, $G_4 = 0,312 \cdot G$;

G_6 – маса опорно-приводного колеса, $G_6 = 0,192 \cdot G$;

G_7 – маса прикочуючого колеса зі шлейфом, $G_7 = 0,056 \cdot G$.

Початок і кінець векторів сил ваги сполучаємо з вибраною довільно точкою O . Вибираємо довільно на лінії дії G_6 т.1 і паралельно променю $O-G_6$ наносимо лінію 1-2 до перетину з напрямом дії сили ваги G_1 ; відповідно з т.2 обравши напрям паралельний променю $O-G_6$ наносимо лінію до перетинання з лінією дії сили ваги G_3 і т.д. Результатом буде багатокутник 1, 2, 3, 4, 5. Система перебуває у рівновазі, тому можна з'єднати точки 1 і 5. Орієнтуючись на лінію 1-5 з точок 1 і 5 під кутом 45° проведемо промені до перетину з точкою 6, з якої рисуємо вертикальну пряму, результатом побудови буде ексцентриситет e , який відповідає відстані від лінії дії рівнодійної до осі опорно-приводних коліс.


$$W_p = \frac{9,81 \cdot 1,36 \cdot (1,5 - 0,32)}{1,5} \cdot 0,48 = 5,4 \text{ кН},$$
$$q = \frac{9,81 \cdot 1,036 \cdot (1,5 - 0,32)}{1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{\frac{2,94 \cdot 0,51 \cdot 1,36 \cdot (1,5 - 0,32)}{120 \cdot 1,5}} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,51 \cdot 0,1}} - \frac{8,64 \cdot 1,36^2 \cdot (1,5 - 0,32)}{1,5^2 \cdot 120^2}} =$$

$$=160\text{KH/M}^2.$$

Визначаємо решту складових тягового опору сівалки у складі комбінованого агрегату:

$$f_{gB} = \frac{160,2^2 \cdot 0,1 \cdot 0,2}{9,81^2 \cdot 1,36 \cdot 40} = 0,48 ;$$

$$W_i = \frac{9,81 \cdot 1,36 \cdot (1,5 - 0,32)}{1,5} = 2,2 \text{ кН};$$

$$W_{ин} = 1,36 \cdot \frac{2,2 \cdot (1 - 0,03)}{2} = 1,45 \text{ кН};$$

$$W_c = 9,81 \cdot 1,36 \cdot \frac{0,32}{1,5} \cdot 0,3 = 0,85 \text{ кН}.$$

Відповідно сумарний тяговий опір сівалки

$$\Sigma W_{civ} = 5,4 + 2,2 + 1,45 + 0,85 = 9,9 \text{ кН}.$$

У культиватора КРН-5,4, що входить у комбінований агрегат, тяговий опір буде $P = 14,19 \text{ кН}$.

Визначаємо тяговий опір усього комбінованого агрегату

$$W_{az} = \Sigma W_{civ} + P . \quad (3.8)$$

Буде

$$W_{az} = 9,9 + 14,19 = 24,09 \text{ кН}.$$

Потужність, яка необхідна на приведення в рух насоса-ексгаустера – 6кВт; величина тягової сили гусеничного трактора типу ДТ-75М, що працює на четвертій передачі, – $P=31\text{кН}$; тому при таких характеристиках комбінований агрегат працюватиме на робочій швидкості 2,2м/с (8км/год). Отримані результати доводять, що скомпонований комбінований агрегат доцільно використовувати для передпосівного обробітку ґрунту та сівби соняшника.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці виробничого персоналу

Роботу на тракторах і сільськогосподарських машинах можна виконувати лише при дотриманні встановлених вимог після проходження інструктажу та забезпечення механізаторів засобами індивідуального захисту і спецодягом.

До роботи на тракторах, складних сільськогосподарських та інших спеціалізованих машинах допускають осіб не молодших 17 років, а на автомобілі – не молодших 18 років, після спеціального навчання, які отримали посвідчення на право керування і пройшли інструктаж з техніки безпеки. Як виняток, до роботи на нескладних причіпних і стаціонарних машинах допускають осіб віком 16 років, що вивчили будову, роботу і догляд за цими машинами і отримали інструктаж із техніки безпеки і протипожежного режиму. Таке виключення можливо тільки в тому випадку, якщо для допуску до роботи на машині не потрібно наявності прав (посвідчення).

Не допускаються до роботи на будь-яких машинах особи, що знаходяться у будь-якому стані сп'яніння, хворі і перевтомлені, а також механізатори, що не пройшли додаткового інструктажу з техніки безпеки після порушення ними правил техніки безпеки. Усіх механізаторів забезпечують відповідно до існуючих норм безкоштовно спецодягом, засобами індивідуального захисту.

Трактористів-машиністів, помічників бригадира і бригадира тракторної бригади, комбайнерів і помічників комбайнерів щорічно забезпечують комбінезонами з бавовняної, пилонепроникної тканини і кожні шість місяців – комбінованими рукавицями.

На сьогодні актуальною є проблема підвищення культури виробництва – забезпечення належних і безпечних умов праці, а це вимагає від працівників неухильного дотримання правил безпеки життєдіяльності.

Технологічний процес виконуваний комбінованим агрегатом, що удосконалюється у кваліфікаційній роботі, безпосередньо пов'язаний з небезпечними речовинами (отрутохімікати, мінеральні добрива) і тому велику

увагу потрібно приділити безпечній роботі з ними і недопущенню (або зведенню до мінімуму) їх шкідливого впливу на працівників і довкілля, тому кожен працюючий з ними повинен знати і суворо дотримуватись таких правил безпеки.

1. Загальні вимоги безпеки [4]

1.1. До роботи з мінеральними добривами і пестицидами допускають осіб, що досягли 18 річного віку, пройшли медичний огляд, а також ввідний і первинний інструктажі з охорони праці.

1.2. Особи, що постійно працюють з мінеральними добривами і пестицидами, піддаються періодичним медичним оглядам (один раз в рік) з відміткою про це в посвідченні, журналі або картці про допуск до роботи.

1.3. До роботи з мінеральними добривами і пестицидами не допускають осіб молодших 18 років, вагітних і годуючих жінок, а також осіб, що мають медичні протипоказання.

1.4. Особи, що працюють з мінеральними добривами і пестицидами, повинні проходити повторний інструктаж з охорони праці на робочому місці не рідше як один раз у три місяці.

1.5. Кожний робітник зайнятий складськими або транспортними операціями з мінеральними добривами і пестицидами, повинен знати їх основні властивості і способи поводження з ними.

1.6. Особи, які допущені до роботи, повинні виконувати тільки ту роботу, яка доручена адміністрацією підприємства.

1.7. При виконанні дорученої роботи необхідно суворо дотримуватися прийнятої технології переробки вантажів.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Одягнути робочий одяг. Якщо за умовами роботи потрібне використання засобів індивідуального захисту, запобіжних пристосувань, перевірити їх комплектність і справність та застосувати.

2.2. Оглянути робочу ділянку, прибрати з неї все, що може заважати роботі, звільнити проходи і не захаращувати їх.

2.3. Перш ніж використовувати у роботі механізм або пристосування,

необхідно переконатися у їх справності, а при роботі з електроустановками – надійності захисного заземлення.

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. При вантажопереробці мінеральних добрив і пестицидів необхідно дотримувати вимог безпеки з урахуванням агресивності, токсичності, вибухонебезпечності конкретного вантажу.

3.2. Транспортування добрив і пестицидів повинно здійснюватися у критих транспортних засобах, при цьому потрібно неухильно дотримуватися вимог безпеки, встановлених для конкретного виду транспорту.

3.3. Для транспортування мінеральних добрив використовують спеціальні залізничні вагони трьох типів: вагон-хопер (цементовоз) – для перевезення пилоподібних і гранульованих добрив; вагон-хопер (мінераловоз) – для перевезення гранульованих і кристалічних добрив; вагон-цистерна – для перевезення добрив дрібного помелу (вапно, фосфоритна мука).

3.4. Перед навантаженням (розвантаженням) мінеральних добрив і пестицидів необхідно переконатися у наявності маркувальних даних, супровідного документа, що засвідчує вид продукції, і попереджувальних написів на упаковці. При виявленні несправностей тари, невідповідності її супровідним документам, а також відсутності маркування і попереджувальних написів слід, не приступаючи до проведення навантажувально-розвантажувальних робіт, повідомити про це особу, відповідальну за безпечне провадження робіт.

3.5. При проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт вагони повинні бути надійно закріплені ручними гальмами або гальмівними черевичками, а гальмівні рукави повинні бути підвішені або з'єднані.

3.6. При вивантаженні незатарених мінеральних добрив, прибулих у вагоні, для зменшення розпилення їх у вітряну погоду, необхідно застосовувати захисні пристосування з фанери, брезенту та ін.

3.7. Вивантаження пилоподібних добрив, прибулих у спеціалізованих вагонах з донним вивантаженням, слід проводити у спеціальні підрейкові приймальні пристрої.

4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

4.1. Якщо у процесі роботи з мінеральними добривами або пестицидами відбулося порушення захисних властивостей індивідуального захисту органів дихання, слід припинити роботу, зупинити устаткування і вийти із зони проведення хімічних робіт.

4.2. У разі виникнення пожежі слід викликати пожежну команду, повідомити керівника робіт і вжити заходів до ліквідації вогнища загоряння.

4.3. При потраплянні в очі мінеральних добрив необхідно негайно промити їх 1%-ним розчином борної кислоти, струменем чистої води або протерти вологим ватним (марлевым) тампоном. Після промивання на очі слід накласти пов'язку і відправити потерпілого до лікаря.

4.4. При появі ознак отруєння (головний біль, шум у вухах, запаморочення, нудота і блювота, втрата свідомості) потерпілого негайно слід вивести на свіже повітря і організувати подачу кисню для дихання. При слабкому диханні або його припиненні провести штучне дихання до прибуття лікаря або до відновлення дихання.

4.5. При попаданні отрути на шкіру потрібно ретельно змити препарат струменем води з милом або, не розмазуючи по шкірі і не втираючи, зняти його шматком тканини або тампоном вати, потім обмити холодною водою;

- при потраплянні отрути в очі необхідно ретельно промити їх водою і потім 2%-ним розчином питної соди або борної кислоти;

- при отруєнні через шлунково-кишковий тракт – випити декілька стаканів води (теплої) або слабого рожевого розчину марганцевокислого калію і викликати блювоту. Після блювоти випити півстакана води з двома-трьома столовими ложками активованого вугілля, а потім сольове проносне.

4.6. При слабкому диханні потерпілого необхідно піднести до носа нашатирний спирт, у разі припинення дихання – зробити штучне дихання.

4.7. У всіх випадках отруєння пестицидами необхідно доставити хворого до медичної установи або викликати «швидку допомогу».

5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

5.1. Привести у порядок робоче місце.

5.2. Розсипані пестициди зібрати у тару, що герметично закривається. Всі ділянки робочих місць, забруднені пестицидами, повинні бути знешкоджені.

5.3. Очистити інструмент, пристосування і укласти у відведене для них місце.

5.4. Зняти спецодяг та засоби індивідуального захисту і ретельно очистити їх.

5.5. Вимити обличчя і руки теплою водою з милом, прополоскати рот, прийняти душ.

4.2. Підвищення стійкості роботи об'єкта при виникненні надзвичайних ситуацій

Основні заходи щодо підвищення стійкості технологічного устаткування через його вищу міцність порівняно з будинками, у яких воно розміщається, полягають у спорудженні над ним спеціальних пристроїв (у виді кожухів, наметів, огорож і т.п.), що захищають його від ушкодження уламками конструкцій, що руйнуються.

Надійний захист робітників та службовців є найважливішим чинником підвищення стійкості роботи будь-якого об'єкта народного господарства. З цією метою зводять захисні споруди: укриття найбільшої працюючої зміни підприємства та укриття у заміській зоні для відпочиваючої зміни і членів родин. На ділянках з безупинним виробничим процесом будують індивідуальні укриття з дистанційним керуванням технологічним процесом.

Проводять підготовчі заходи щодо розосередження й евакуації у заміську зону виробничого персоналу і членів родин, а також збору, збереженню і підтримці готовності засобів індивідуального захисту.

Найважливішим елементом захисту від можливих надзвичайних ситуацій є навчання робітників і службовців умілому застосуванню засобів і способів систем індивідуального захисту життя та здоров'я.

Захист інженерно-технічного комплексу підприємств передбачає збереження матеріальної основи виробництва: будинків і споруд, технологічного устаткування і комунально-енергетичних мереж.

Будинки і споруди на об'єкті необхідно розміщати розосереджено. Між будинками повинні бути протипожежні розриви шириною не менше сумарної висоти двох сусідніх будинків.

Найбільш важливі виробничі будинки необхідно будувати із заглибленнями чи зниженої висоти; конструкції краще залізобетонними з металевим каркасом [4].

У кам'яних будинках перекриття повинні бути з армованого бетону або з бетонних плит. Великі будинки варто розділяти на секції неспареними стінами (брандмауерами).

Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин (бензин, гас, нафта, мазут) повинні розміщатися в окремих блоках заглибленого чи напівзаглибленого типу біля границь території чи об'єкта, або за його межами.

Від стійкості будинків і споруд залежить здебільшого стійкість всього об'єкта, підвищення якої досягається застосуванням каркасів, рам, розкосів, контрфорсів, проміжних опор для зменшення прольоту несучих конструкцій. Невисокі споруди для підвищення їхньої міцності частково обсіпають ґрунтом. Високі споруди (труби, вежі, колони) для підвищення міцності закріплюють розтяжками, розрахованими на вплив швидкісного напору ударної хвилі [4].

Для збільшення стійкості устаткування при дії швидкісного напору ударної хвилі, воно повинне бути міцно закріплене на фундаментах анкерними болтами.

При реконструкції і розширенні сільськогосподарських об'єктів найбільш дороге і унікальне устаткування необхідно розташовувати у нижніх поверхах і підвальних приміщеннях або у спеціальних захисних спорудах. Таке обладнання доцільно також розміщати в окремих будинках павільйонного типу, що мають полегшені і неспарені конструкції, руйнування яких не вплине на збереженість устаткування.

Підвищення стійкості систем електропостачання досягається проведенням загальноміських та об'єктових інженерно-технічних заходів.

Електроенергія повинна надходити на об'єкт з двох напрямів. При постачанні з одного напрямку необхідно передбачати автономне (аварійне) джерело живлення (пересувну електростанцію). Трансформаторні приміщення, розподільна апаратура і прилади повинні бути надійно захищені, у тому числі і від електромагнітного імпульсу ядерного вибуху [4].

Особливу увагу необхідно приділяти стійкості систем постачання газом. На газопроводах слід встановлювати запірну арматуру з дистанційним керуванням і крани, що автоматично перекривають газ при руйнуванні труб.

Важливе значення має створення стійкої системи водопостачання об'єктів. Постачання водою повинно здійснюватися від двох джерел – основного і резервного, одне із яких повинно бути підземним (наприклад, артезіанська свердловина). Резервними джерелами можуть бути близько розташована водойма, від якої до об'єкта завчасно підводять водопровід, а також резервуари із запасом води, захищені від радіоактивного, хімічного і біологічного зараження. Мережі водопостачання обладнують заслінками для відключення окремих ділянок при аваріях.

Стійкість роботи об'єктів сільськогосподарського призначення визначають надійністю систем паро- і теплопостачання. Промислові об'єкти повинні мати два джерела пари і тепла – зовнішнє (ТЕЦ) і внутрішнє (місцеві котельні). Котельні необхідно розміщати у підвальних або спеціально обладнаних приміщеннях. Теплову мережу окільцьовують, рівнобіжні ділянки з'єднують, паропроводи прокладають під землею у спеціальних траншеях. На мережах установлюють пристосування, що запірно регулюються.

У системі промислової і господарської каналізації необхідно обладнати не менше двох випусків у міські колектори. На випадок аварій у міських мережах і на насосних станціях система каналізації повинна мати аварійні скидання у розташовані поблизу струмки, чи яри, або у зливну мережу. Для підвищення стійкості каналізації об'єкта слід будувати роздільні системи; одна для зливних, інша для промислових і господарських (фекальних) вод [4].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі розглянуто умови вирощування соняшника, виконано аналіз машин та знарядь, використовуваних у технологіях його вирощування, проаналізовано вимоги до якості виконання технологічних операцій, на основі чого обґрунтовано доцільність застосування удосконаленого комбінованого агрегату, що виконує за один прохід передпосівний обробіток ґрунту з внесенням гербіцидів та сівбу соняшника з внесенням мінеральних добрив у розробленій технології вирощування соняшника на зерно.

Пропонована технологія вирощування соняшника на зерно є енергозберігаючою завдяки заміні оранки плугами на чизелювання та передпосівним обробітком, що суміщає операції підготовки ґрунту – культивацію і коткування з суцільним внесенням гербіцидів усуваючи потребу міжрядного обробітку.

Удосконалений комбінований агрегат можна використовувати для передпосівного обробітку після зернових і просапних культур за умов середнього та високого засмічення полів насінням різних бур'янів.

Комбінований агрегат поєднує встановлений на передню балку трактора ДТ-75М культиватор КРН-5,6 переобладнаний для суцільного обробітку ґрунту, обприскувач ПОМ-630 та сівалку СУПН-8, яку встановлюють на задню гідроначіпку трактора не застосовуючи зміни чи переобладнання конструкції.

Для виконання передпосівної культивації прийнято універсальні стрілчасті лапи для обладнання ними культиватора КРН-5,6. Визначено розмірні параметри лап: ширина полиці 58мм, висота заднього зрізу 107мм, ширина захвату 330мм; значення кута кришіння $15^\circ < \beta < 25^\circ$; величина кута піднімання грудей лапи $\alpha = 16^\circ (28^\circ)$.

Внесення гербіцидів під час сівби соняшника з використання комбінованого агрегату виконують монтованим малооб'ємним підживлювачем-обприскувачем ПОМ-630, що має дві місткості по 315л кожна і встановлений у передній частині рами трактора. Ширина захвату обприскувача 50-100м при регулюванні норми витрати робочої рідини. Розраховано норму внесення робочих розчинів гербіцидів – 2,3л/хв.

Сіють соняшник сівалкою універсальною пневматичною начіпною способом пунктирної сівки на робочій швидкості до 3,3м/с при одночасному внесенні мінеральних добрив. У сівалці є прилад автоматичного контролю процесу висіву насіння та його вмісту в бункерах.

Визначено тяговий опір культиватора, пруткових котків-грудкоподрібнювачів, які встановлюють у хвостовиках секцій культиватора – разом 14,2кН; тяговий опір сівалки СУПН-8 – 12,6кН.

Розраховано за тяговим зусиллям енергозасіб для виконання обробітку ґрунту і сівки соняшника – трактор ДТ-75М, тягові можливості якого під час роботи на четвертій передачі – 31кН, що достатньо для компоновки комбінованого агрегату для вирощування соняшника на зерно, сумарний тяговий опір якого 27кН.

Визначено фактичну, найбільшу та номінальну потужності комбінованого агрегату в результаті встановлено, що трактор ДТ-75 повністю відповідає потребам, оскільки номінальна потужність двигуна – $N_{EH} = 75$ кВт на робочій швидкості $V_p = 8$ км/год.

Виконано міцнісний розрахунок транспортного пристрою культиватора, підібрано форму і розміри перетину – квадратний пустотілий, розміром 80мм× 80мм.

Уточнено тяговий опір сівалки СУПН-8 для пунктирної сівки соняшника у складі удосконаленого комбінованого агрегату.

Розроблено заходи безпеки під час експлуатації комбінованого агрегату та заходи підвищення стійкості об'єкта при виникненні надзвичайних ситуацій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агро інженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Машини для заготівлі кормів. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. 76с.
2. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проєктування для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. 144 с.
3. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 256 с.
4. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці. Львів: Новий світ, 2000. 230 с.
5. Довбуш Т.А. Зниження металоємності гнучких транспортуючих механізмів /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. Тернопіль: ТНТУ, 2020. С. 20-21.
6. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
7. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання: навчально-методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.

8. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
9. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». / В.П. Олексюк, А.В. Бабій, М.Я. Сташків, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Г.Б. Цьонь, В.В. Мартинюк. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 93 с.
10. Хомик Н.І., Антончак Н.А. Механізація зберігання сільськогосподарської продукції: навчально-методичний посібник до курсового проектування. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 136с.
11. Хомик Н.І. Вступ до фаху: навчальний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» / Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, І.Й. Блозва, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 348 с.
12. Хомик Н.І. Деталі машин. Курс лекцій для студентів заочної форми навчання. / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 160 с.
13. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Машини та обладнання для тваринництва. Навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
14. Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Технічна механіка: навчально-методичний посібник до курсової роботи для студентів напряму підготовки «Електротехніка та електротехнології» денної та заочної форм навчання Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2013. 192 с.
15. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Рубінець Н.А., Довбуш А.Д. Аналітичне дослідження напружено-деформованого стану складних конструктивних систем з довільним зовнішнім навантаженням. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 158. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві»*. Харків: ФО-П Дуюнова Т.В., 2015. С.44–50.

16. Хомик Н.І., Мартинюк В.В., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А., Довбуш А.Д. Агрозахист: навчальний посібник за заг. ред. к. т. н., доц. Хомик Н. І. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
17. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для спеціальності 133 Галузеве машинобудування /Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.
18. Хомик Н.І. Механізація зберігання сільськогосподарської продукції: методичні вказівки до виконання практичних робіт. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 60 с
19. Хомик Н.І., Ткаченко І.Г., Довбуш А.Д. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник до курсового проєктування для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 100 с.
20. Хомик Н.І., Олексюк В.П., Сташків М.Я., Бабій А.В., Довбуш Т.А., Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2025. 180 с.
21. Хомик Н.І., Олексюк В.П., Цьонь О.П. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції. Навчальний посібник. Курс лекцій. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 288 с.
22. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
23. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 320 с.
24. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
25. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А. Навчальна практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль:

ФОП Паляниця В.А., 2022. 140 с.

26. Чурсінов Ю.А. Аналітичне дослідження перспективи процесів автоматизації прийому, оцінки якості та закладання зерна на зернопереробних підприємствах / Ю.А. Чурсінов, О.С. Ковальова, В.С. Калина, Г.О. Пилипенко, Н.І.Хомик, Ch. Lehmann // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання, ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В.М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 1. С.93-107.
27. Babii A., Dovbush T., Khomuk N., Dovbush A., Tson A., Oleksyuk V. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor *Procedia Structural Integrity*, 2022. No 36, 203-210.
<https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.025>
28. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii, Palyukh A. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2022. Vol 108. No 4. PP. 5-15.
29. Bulgakov Volodymyr, Olena Glazunova, Oleksandra Trokhaniak, Arlindo Almeida, Adolfs Rucins, Aivars Aboltins, Simone Pascuzzi, Nadia Khomyk, Ivan Beloev, Kaloyan Stoyanov. Investigation in energy parameters of process of compacted soil transportation by flexible sectional screw conveyor. *Engineering for rural development*. Jelgava, 21.-23.05.2025. PP.147-155.
<https://DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF027>
30. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Ткаченко І.Г. Аналіз контактних напружень у кріпленні пруткових транспортерів сільськогосподарських машин. *Актуальні задачі сучасних технологій* : зб. тез доповідей XII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів. м. Тернопіль, 6-7 грудня 2023 р. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. С. 15-16.
31. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Довбуш А.Д. Аналіз напруженого стану у зонах контакту кріплень пруткових транспортерів. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки* : матеріали XIV міжнар. наук.-практ. конф. м. Кропивницький, 8-10 лист. 2023 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2023. С. 44-46.

32. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii. Research of the mathematical model of the tribosystem head rod-bushing of the traction organ of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2024. Vol. 115. No 3. P. 112-121.
33. Хомик Н.І., Довбуш Тарас, Дунець Богдан. Розрахунок ресурсу роботи конструктивної системи розкидача добрив /Міжнародна науково-технічна конференція «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя. Тернопіль. ТНТУ, 2018. С.102-103.
34. Довбуш Тарас, Хомик Надія, Довбуш Анатолій, Рубінець Наталія. Математична модель розвитку крайової тріщини при згині симетричних тонкостінних профілів (Mathematical model of boundary crack propagation at bending of symmetric thin-walled flanks) . *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern. : TNTU. № 2 (86) 2017. С.67-75.
35. Довбуш Т.А., Рубінець Н.А., Довбуш А.Д., Хомик Н.І. Аналітичне дослідження напружено-деформованого стану складних конструктивних систем з довільним зовнішнім навантаженням /Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 158. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». Харків: ФО-П Дуюнова Т.В., 2015. С.44-50.
36. Довбуш Тарас, Хомик Надія, Довбуш Анатолій, Рубінець Наталія. Математична модель розвитку крайової тріщини при згині тонкостінного z-подібного профілю (Mathematical model of edge crack development at bending thin-walled z-shaped profile). *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern. : № 1 (85) 2017. С. 61-68.
37. Попович П.В., Рибак Т.І., Довбуш Т.А., Цьонь Г.Б., Хомик Н.І. Імітаційне моделювання при розрахунках на квазістатичну міцність конструктивних структур важко навантажених сільськогосподарських машин /Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 139. «Проблеми надійності

- машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». Харків, 2013. С.321–326.
38. Довбуш Т.А., Довбуш А.Д., Хомик Н.І. Модифікація ММПЕД для розкриття статичної невизначеності криволінійних елементів рам / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 145. «Технічний сервіс машин для рослинництва». Харків: Віровець А.П. «Апостроф», 2014. С.105-111.
39. Попович П., Добровольська Л., Хомик Н. Залишковий ресурс тонкостінних конструктивних елементів несучих систем сільськогосподарських машин при дії агресивних середовищ /Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 146. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». Харків: КП «Міська друкарня», 2014. С.142-150.
40. Dovbush T., Khomyk N., Tson H., Dovbush A Improvement of prt-9 constructive system on the basis of frame elements strength balance. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern. : TNTU, 2020. Vol 4. No 100. P. 40-45.
41. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А. Ознайомча практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 80 с.
42. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машина сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
43. Брошак І. С. Моніторинг ґрунтів, шляхи покращення родючості та екологічної безпеки земель тернопільської області: монографія. Тернопіль: Видавн.-поліграф. центр «Економічна думка», 2013. 160с.
44. Babii A., Babii M. Impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. *Scientific Journal of TNTU*. 2019. Vol. 95. No 3. P. 97–104. DOI: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2019.03.097
45. Babii A., Levytskyi B., Dovbush T., Babii M., Khomuk N., Dovbush A., Valiashek V. [Mathematical model of sprayer tank loading](#). *Procedia Structural Integrity*, 2024. No 59, 609-616.