

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Бабій А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)
студенту Микуляк Віталій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів автоматичного проріджувача буряків

Керівник роботи Сташків Микола Ярославович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 01 » листопада 2022 року № 4/7-872

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи _____

Базова конструкція автоматичного проріджувача буряків, ширина захвату – 2,7 м,
глибина ходу робочих органів – 25 мм, робоча швидкість – 5 км/год.

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

Реферат. Вступ. 1. Аналіз особливостей об'єкту проектування. 2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки. 3. Дослідження параметрів об'єкту розробки.

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки

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

1. Проріджувач буряків ПСА-2,7. СК – 1А2. 2. Проріджувач буряків ПСА-2,7. Схема технологічно - структурна – 1А1. 3. Проріджувач буряків ПСА-2,7. Схема кінематична – 1А1.

4. Секція проріджуюча – 1А1. 5. Каретка. СК. – 1А1; 6. Деталювання – 1А1.

7. Дослідження НДС кронштейна – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Окіпний І.Б., доцент		
	Клепчик В.М., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання

01.11.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей об'єкту проектування.	20.10.2022 р.	
2	Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки.	10.11.2022 р.	
3	Дослідження параметрів об'єкту розробки	20.11.2022 р.	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	30.11.2022 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки.	02.12.2022 р.	
6	Графічна частина. Специфікації	05.12.2022 р.	

Студент

_____ (підпис)

Микуляк В.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сташків М.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автори роботи – Микуляк Віталій Олександрович.

Тема роботи – „Обґрунтування параметрів автоматичного проріджувача буряків”.

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Сташків Микола Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (24 найменування), 2 додатків. Загальний обсяг текстової частини – 90 сторінок, на яких є 4 таблиці, 24 рисунки. Додатки розміщені на 13 сторінках. Графічна частина складається з 7 аркушів формату А1.

Актуальність теми роботи

Основними напрямками економічного і соціального розвитку України та головним завданням агропромислового комплексу є постійне зростання сільськогосподарського виробництва, надійне забезпечення населення продуктами харчування та сільськогосподарською сировиною, об'єднання зусиль усіх галузей комплексу для одержання високих кінцевих результатів.

Успішне виконання цих завдань можливе лише при застосуванні інтенсивної технології на всій площі цукрових буряків. Досвід передових господарств, де широко застосовують цю технологію, переконливо показує її високу ефективність і кінцеву результативність.

Важливою умовою ефективного застосування інтенсивної технології є зміцнення матеріально-технічної бази бурякосійних господарств: застосування сучасних енергонасичених тракторів, модернізація машин й знарядь для догляду за посівами та збирання урожаю, впровадження сівалок точного висіву (12-і 18-рядкових) та автоматичних проріджувачів для вирощування цукрових буряків без затрат ручної праці.

В середньому, по бурякосійних господарствах країни, затрати ручної праці на формуванні густини посівів з виполуванням бур'янів становлять 80–160 людино-год/га, або 45–55 % всіх затрат на виробництво цукрових буряків. Правильне застосування механізмів при формуванні густини посівів дозволяє скоротити затрати праці на цій операції до 20–30 людино-год/га.

Необхідну густину насаджень при вирощуванні цукрового буряка забезпечують поперечним боронуванням в два-три проходи або букетуванням – поперечним проріджуванням сходів цукрового буряка культиватором чи спеціалізованими агрегатами (механічні та автоматичні проріджувачі).

Недоліком механічних проріджувачів є пропуски в роботі, що можуть досягти 12 % внаслідок непрямолінійності руху. Механічні знаряддя і машини не забезпечують рівномірного розміщення рослин у рядку, а інколи й знижують густоту посівів, що негативно позначається на урожайності.

Автоматичні проріджувачі при формуванні густоти посівів моделюють ручну працю, видаляючи рослини тільки на загущених ділянках рядка, за рахунок чого покращується рівномірність розміщення рослин вздовж рядка на 8–20 % і досягається необхідна густота посівів без затрат ручної праці та істотного зниження врожаю. Таким чином, серед можливих на сучасному етапі способів формування густоти посівів, слід віддати перевагу проріджуванню сходів автоматичними проріджувачами.

Мета роботи

Підвищення техніко - експлуатаційних характеристик автоматичного проріджувача ПСА-2,7 шляхом удосконалення проріджуючої секції.

Завдання дипломної роботи магістра:

- проаналізовано конструкції автоматичних проріджувачів цукрових буряків;
- розглянуто конструкцію причіпного шестирядкового автоматичного проріджувача буряків ПСА-2,7;

- розраховано конструктивні та технологічні параметри автоматичного проріджувача буряків ПСА-2,7;
- побудовано твердотільну САД – модель кронштейна кріплення удосконаленої проріджуючої секції автоматичного проріджувача буряків ПСА-2,7;
- досліджено напружено – деформівний стан кронштейна кріплення удосконаленої проріджуючої секції автоматичного проріджувача буряків ПСА-2,7;
- розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Автоматичний проріджувач буряків ПСА-2,7.

Предмет дослідження. Проріджуюча секція автоматичного проріджувача буряків ПСА-2,7.

Методи дослідження. Теоретико-емпіричний, теорії міцності, графічний, порівняльний, кінцевих елементів, дискретних елементів.

Наукова новизна отриманих результатів.

На основі розробленої САД – моделі кронштейна системи начіпки проріджуючої секції автоматичного проріджувача буряків ПСА-2,7 методом скінчених елементів проведено дослідження напружено-деформованого стану елементів системи начіпки проріджуючої секції автоматичного проріджувача буряків ПСА-2,7, що дозволило отримати числові значення та розподіл напружень, переміщень та коефіцієнту запасу міцності.

Отримані результати можуть бути використані, наприклад, для удосконалення конструкції проріджуючої секції автоматичного проріджувача буряків ПСА-2,7 та її системи начіпки, встановлення шляхів оптимізації роботи проріджувача, налаштування техніко – експлуатаційних параметрів

автоматичного проріджувача з метою отримання максимальної продуктивності при найменших експлуатаційних затратах.

Практичне значення отриманих результатів.

Отримані результати комп'ютерного моделювання кронштейна системи начіпки проріджуючої секції автоматичного проріджувача буряків ПСА-2,7 дозволяють забезпечити оптимальне налаштування проріджуючої секції за раціональної швидкості руху забезпечуючи найбільш ефективну експлуатацію автоматичного проріджувача буряків ПСА-2,7.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались на Міжнародній науково-практичній конференції „Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики“ (Тернопіль, ТНТУ, 29-30 вересня 2021 року).

Ключові слова: цукровий буряк, автоматичний проріджувач, система начіпки, техніко – експлуатаційні параметри, комп'ютерне моделювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ДОГЛЯДУ ЗА ЦУКРОВИМ БУРЯКОМ.....	11
1.1. Характеристика умов вирощування цукрового буряка.....	11
1.2. Особливості проріджування сходів цукрових буряків різними знаряддями та машинами.....	16
1.3. Опис проріджувача буряків автоматичного ПСА-2,7.....	22
1.4. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.....	34
2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМАТИЧНОГО ПРОРІДЖУВАЧА ПСА-2.7.....	35
2.1. Обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів.....	35
2.1.1. Опис удосконалення робочої секції проріджувача ПСА-2.7.....	35
2.1.2. Обґрунтування способу та схеми проріджування.....	38
2.2. Кінематичний і силовий аналіз технологічного процесу проріджування сходів цукрового буряка.....	45
2.2.1. Обґрунтування кінематичних параметрів проріджувача сходів цукрового буряка ПСА-2.7.....	45
2.2.2. Силовий аналіз режиму різання лезом ножа проріджувача.....	50
2.2.3. Розрахунок зусиль, що діють на елементи проріджувача.....	57
2.3. Розрахунок на міцність елементів робочої секції проріджувача.....	59
2.3.1. Розрахунок на міцність ланки паралелограмної підвіски.....	59
2.3.2. Розрахунок на міцність кріплення переднього кронштейна паралелограмної підвіски.....	61
2.3.3. Розрахунок опорних коліс проріджуючої секції.....	62
2.4. Розрахунок стійкості машино – тракторного агрегату.....	64
2.4.1. Розрахунок поздовжньої стійкості МТА.....	64
2.4.2. Розрахунок поперечної стійкості МТА.....	68

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	71
3.1. Обґрунтування методів дослідження	71
3.2. Розробка моделі об'єкту досліджень	73
3.3. Аналіз результатів досліджень	75
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	76
4.1. Техніка безпеки при експлуатації проріджувача ПСА-2.7.....	76
4.2. Завдання безпеки життєдіяльності.....	81
ВИСНОВКИ	87
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	88
ДОДАТКИ	90

ВСТУП

Цукрові буряки є важливою технічною культурою сільського господарства багатьох країн світу. Їх вирощують більше 40 країн на площі 7,6 млн. га. Цукрові буряки є одним із основних джерел сировини для одержання цукру. Окрім домінуючого значення цукрової сировини для харчової і переробної промисловості, вона використовується як корм для відгодівлі сільськогосподарських тварин. Найбільшими виробниками цукру є країни Європи, які отримують близько 17 млн. тон цукру на рік. До цих країн належить і Україна, де вирощування цукрових буряків є провідною галуззю сільськогосподарського виробництва.

Основними напрямками економічного і соціального розвитку України та головним завданням агропромислового комплексу є постійне зростання сільськогосподарського виробництва, надійне забезпечення населення продуктами харчування та сільськогосподарською сировиною, об'єднання зусиль усіх галузей комплексу для одержання високих кінцевих результатів.

Успішне виконання цих завдань можливе лише при застосуванні інтенсивної технології на всій площі цукрових буряків. Досвід передових господарств, де широко застосовують цю технологію, переконливо показує її високу ефективність і кінцеву результативність [21].

Важливою умовою ефективного застосування інтенсивної технології є зміцнення матеріально-технічної бази бурякосійних господарств: застосування сучасних енергонасичених тракторів, модернізація машин й знарядь для догляду за посівами та збирання урожаю, впровадження сівалок точного висіву (12-і 18-рядкових) та автоматичних проріджувачів для вирощування цукрових буряків без затрат ручної праці.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ДОГЛЯДУ ЗА ЦУКРОВИМ БУРЯКОМ

1.1. Характеристика умов вирощування цукрового буряка

Вирощування цукрового буряка є одним з найбільш трудомістких та енергомістких процесів у сільському господарстві. Враховуючи те, що Україна належить до найбільших бурякосійних країн Європи і цукор є одним з її стратегічних продуктів, а також у зв'язку з переходом на різні форми власності господарювання, аграрній промисловості необхідно у стислі строки налагодити виробництво цукрового буряка за інтенсивною технологією.

Типовий технологічний процес виробництва цукрового буряка за інтенсивною технологією в умовах природного зволоження містить наступні найбільш характерні операції [4]:

1. приготування і внесення основних добрив під глибоку оранку;
2. основний напівпаровий обробіток ґрунту (лущення стерні дисковими знаряддями, оранка культурна, вирівнювання борозен і звальних гребенів, культивація ріллі, глибоке розпушування ріллі з одночасним внесенням рідких азотних добрив);
3. основний покращений обробіток ґрунту (лущення стерні дисковими знаряддями, лущення стерні лемішними знаряддями; обробіток злущеного поля у два сліди, внесення гербіцидів по злущеному полю, оранка культурна двохярусна, вирівнювання борозен і звальних гребенів, снігозатримання);
4. ранньовесняний обробіток ґрунту (розпушування поверхневого шару ґрунту, вирівнювання поверхневого шару ґрунту);
5. внесення суміші сухих мінеральних добрив з інсектицидами та робочої рідини гербіцидів;
6. передпосівний обробіток ґрунту;
7. висівання буряка з внесенням мінеральних добрив та інсектицидів;
8. приготування та транспортування робочої рідини пестицидів;

9. догляд за посівами у початковий період росту цукрових буряків (суцільне розпушування ґрунту до появи сходів, обприскування посівів інсектицидами в період появи сходів, міжрядне розпушування ґрунту (шарування));
10. формування густини насадження цукрових буряків і прополювання посівів (коткування ґрунту перед проходом проріджувачів, проріджування сходів культиваторами, механічними чи автоматичними проріджувачами, знищення бур'янів після механізованого проріджування);
11. догляд за посівами після формування густоти насадження цукрових буряків (розпушування ґрунту в міжряддях з внесенням мінеральних добрив);
12. збирання цукрових буряків потоковим чи потоково-перевалочним способом.

Технологія догляду за посівами містить операції боронування до і після появи сходів, проріджування сходів, поздовжню і поперечну культивації, підгортання, нарізку поливних борозен, внесення добрив і т.д. При індустріальній технології обробітку просапних культур операції по обробці ґрунту скорочують до мінімуму, а бур'яни, шкідників і збудників хвороб рослин знищують обприскуванням посівів гербіцидами та іншими отрутохімікатами.

Необхідну густину насаджень забезпечують поперечним боронуванням в два-три проходи або букетуванням – поперечним проріджуванням сходів цукрового буряка культиватором чи спеціалізованими агрегатами.

На бурякових полях, чистих від бур'янів, густину насаджень формують за допомогою вздовжрядкових проріджувачів. Необхідну густину насаджень одержують відповідною розстановкою ножів.

Густина посівів цукрових буряків змінюється по зонах залежно від забезпеченості вологою та родючості ґрунту. Так, у зоні достатнього зволоження вона повинна бути більшою порівняно із зонами, де зволоження недостатнє. При внесенні підвищених норм органічних і мінеральних добрив

густину посівів доцільно дещо збільшувати, щоб не знижувалась цукристість коренеплодів, її треба збільшувати також у міру просування з південних до північних і північно-східних районів, де тривалість вегетаційного періоду скорочується на 30–40 днів. Збільшувати густину посівів рекомендується при пізніших строках сівби, а також при пересіваннях. Встановлено, що максимальна урожайність з високими технологічними якостями сировини забезпечується при такій оптимальній кількості рослин на 1 га в період збирання: у зоні достатнього зволоження – 90–100 тис, нестійкого – 85–90, недостатнього зволоження, а також на зрошуваних землях при ширині міжрядь 60 см і поливі по борознах – 80–85, а при ширині міжрядь 45 см та поливі дощуванням – близько 100 тис, рослин. На період завершення перевірки густини посівів рослин на 1 га залишають на 25–30 % більше [4].

Розміщення рослин буряків у рядку вважається оптимальним, якщо близько 70 % їх знаходяться на відстані 10–30 см. Відомо, що необхідної густини посівів цукрових буряків можна досягти двома способами: сівбою на кінцеву густину без проріджування і механізованим проріджуванням дещо загущених посівів. Застосування того чи іншого способу формування густини насадження визначає рівень затрат ручної праці. Якщо у першому випадку ручна праця може застосовуватись тільки на видаленні бур'янів із зони рядка, то в другому – як на знищенні бур'янів, так і на видаленні зайвих рослин буряків. В середньому, по бурякосійних господарствах країни, затрати ручної праці на формуванні густини посівів з виполованням бур'янів становлять 80–160 людино-год/га, або 45–55 % всіх затрат на виробництво цукрових буряків.

Правильне застосування механізмів на формуванні густини посівів дозволяє скоротити затрати праці на цій операції до 20–30 людино-год/га.

Після проріджування фактична кількість рослин в рядку на 1 м не повинна відхилитися від заданої більш ніж на 3, кількість букетів з числом рослин, що перевищує розрахункове, повинна бути не більше 25 %, засипаних рослин – не більше 10 %.

Основні агротехнічні вимоги щодо виконання технологічної операції проріджування сходів цукрових буряків наведено у таблиці 1.1 [4].

Агротехнічні вимоги до проріджування сходів цукрових буряків

Показник	Норма	Допуск
Початок проведення роботи	Рослини буряків знаходяться у фазі добре розвиненої вилички	Фаза третьої пари справжніх листків у рослин буряків
Тривалість роботи, дні	5	+ 6
Кількість рослин на 1 м довжини рядка, шт.: до проріджування для механічних проріджувачів для автоматичних проріджувачів після проріджування автоматичними проріджувачами або після ручного коригування при застосуванні механічних машин чи знарядь	Не менше 8	+ 6
	8	+ 4
	6	±0,5
Довжина непрорізнаних відрізків рядка, %	5	±3
Глибина ходу робочих органів, см	2,5	±1
Присипання рослин буряків	Не допускається	
Швидкість руху, км/год: механічного проріджувача автоматичного проріджувача і культиватора зубових борін	7	+ 1
	5	+ 1
	3	+ 1
Спосіб руху агрегату: механічного і автоматичного проріджувача культиватора зубових борін, град.	Човниковий вздовж рядків Впоперек рядків До напрямку рядків + 5	+25

Для забезпечення якісної роботи агрегатів з поля видаляють предмети, що можуть заважати роботі проріджувачів. При використанні культиваторів на полі встановлюють вішки з інтервалом 80–100 м перпендикулярно до напрямку рядків на відстані від краю обсіву, що дорівнює сумі половини ширини захвату агрегату та довжини стикового букета. При одночасній роботі двох агрегатів на одному полі вішки встановлюють посередині поля, а перший прохід виконують з обома опущеними маркерами, спрямовуючи трактор осью лінією на вішки. Якщо на кінцях гонів немає вільних виїздів, відмічають вішками також поворотні смуги, ширина яких дорівнює 3–4 захватам агрегату.

У разі застосування вздовжрядкових механічних або автоматичних проріджувачів знаходять і позначають вішками міжряддя для руху по ньому правого колеса або гусениці трактора при першому проході проріджувача.

Якщо напрямки руху проріджувача і посівного агрегату збігаються, якість роботи підвищується [16].

Посіви цукрових буряків, відведені для автоматичного проріджування, утримують чистими від бур'янів. Поверхню ґрунту за 3–4 дні до проріджування старанно вирівнюють гладкими водоналивними котками. Виконують цю роботу в суху сонячну погоду, коли знизився тургор рослин і вони практично не пошкоджуються котками. Агрегати на прикочуванні посівів рухаються вздовж рядків або під кутом 5–10° до них із швидкістю 5–6 км/год. Густану рослин і засміченість посівів бур'янами визначають так, як і для механічних проріджувачів. Висоту рослин визначають у п'яти місцях по діагоналі поля на довжині 2 м одночасно з визначенням густоти посівів і засміченості бур'янами. Водночас візуально встановлюють твердість поверхневого шару ґрунту і стадію розвитку рослин. Одержані показники беруть за основу при технологічному регулюванні проріджувача.

Перед початком проріджування роблять пробний заїзд довжиною 20–30 м для остаточного регулювання машини на ширину вирізу і довжину букета, а також на задану глибину ходу робочих органів. При відхиленнях величини вирізу чи букета понад ± 2 см від заданих параметрів і $\pm 0,5$ см від необхідної глибини обробітку машину додатково регулюють. Довжину маркерів регулюють не менше як за три проходи агрегату: перший по лінії, позначеній вішками, а два наступних – по маркерних лініях. Якщо довжина стикового букета на 5 см більше від інших, виліт маркерів встановлено правильно. Маркерна борозна повинна бути чіткою, але не глибокою, щоб не присипати рослин буряків ґрунтом. На цих же проходах визначають правильність вибору схеми проріджування: в 10 місцях по діагоналі прорідженої смуги на двометрових відрізках підраховують кількість рослин цукрових буряків, що залишились на 1 м довжини рядка після проходу проріджувального агрегату. Якщо в середньому залишилось 6–6,5 непошкоджених рослин, схема проріджування вибрана правильно.

При заїзді в рядки слідкують, щоб стикове міжряддя не потрапило в захват агрегату. Спосіб руху під час роботи – човниковий. Оскільки на

агрегаті відсутній контроль за ножами, механізатору необхідно, періодично оглядаючись назад, перевіряти стан поля. При опущеному проріджувачі заборонено рухатись заднім ходом [16].

Агрегат спрямовують по маркерному сліду візирною лінією, нанесеною на капоті трактора, або візиром. При такому способі водіння агрегату поліпшується прямолінійність і умови роботи механізатора. Під час роботи стояки робочих органів повинні знаходитись у вертикальному положенні, а опорні котки культиватора – обертатись, що є ознакою заглиблення робочих органів на необхідну глибину. Повороти агрегату здійснюють після переведення його в транспортне положення.

Під час роботи культиватора або механічного проріджувача не допускають, щоб стикове міжряддя потрапило між робочі секції проріджувача. На другий день після механізованого проріджування сходів приступають (при необхідності) до видалення вручну зайвих рослин буряків і бур'янів із зони рядка. При цьому в букетах довжиною до 10 см залишають по одній рослині, а в довших – по 2–3. Наявність 20 % букетів з двома рослинами істотно не знижує врожайності [4].

1.2. Особливості проріджування сходів цукрових буряків різними знаряддями та машинами

Здатність до проростання насіння цукрового буряка досить низька. Тому їх висівають пунктирним способом з деяким запасом (відстань між насінням 5...12 см, міжряддя 45 або 60 см). Після появи сходів зайві рослини прибирають.

При проріджуванні сходів цукрових буряків, як правило, застосовують наступні знаряддя чи машини: зубові борони, культиватори, механічні проріджувачі та автоматичні проріджувачі [4, 18].

Формування густини посівів зубовими боронами 3-ОР-0,7; ЗБП-0,6 і ЗБЗСС-1,0 забезпечує зрідження посівів цукрових буряків на 10–25 %. Важливо під час проведення цієї операції не допустити присипання рослин землею, що регулюють глибиною обробітку і швидкістю руху зубів борін: глибина ходу зубів борони не повинна перевищувати 3 см, а швидкість агрегату 3–4 км/год. При достатній початковій густоті сходів і високій забур'яненості посівів допускається кількаразове боронування.

Застосування культиваторів УСМК-5.4А і УСМК-5.4Б для проріджування посівів цукрових буряків доцільне, якщо початкова густина становить 11 і більше рослин на 1 м довжини рядка. Ефективною є схема поперечного букетування, розрахована на розміщення двох рослин у букеті: 8,5+14 см. Заслуговує на увагу поперечне букетування за схемами (з малими вирізами і малими букетами: 8,5+6,5; 8,5+9,5 см з поодиноким розміщенням рослин у букеті). Агрегат рухається поперек рядків, залишаючи смуги шириною 15...20 см, які додатково проріджують вручну. В цьому випадку багато рослин гине від коліс трактора і потрібні більші витрати праці, ніж після роботи спеціальних проріджувачів [18, 22].

Спеціальні вздовжрядкові проріджувачі бувають двох типів: механічні УСМП-5,4 і УСМП-2,8 та автоматичні ПСА-2,7 і ПСА-5,4.

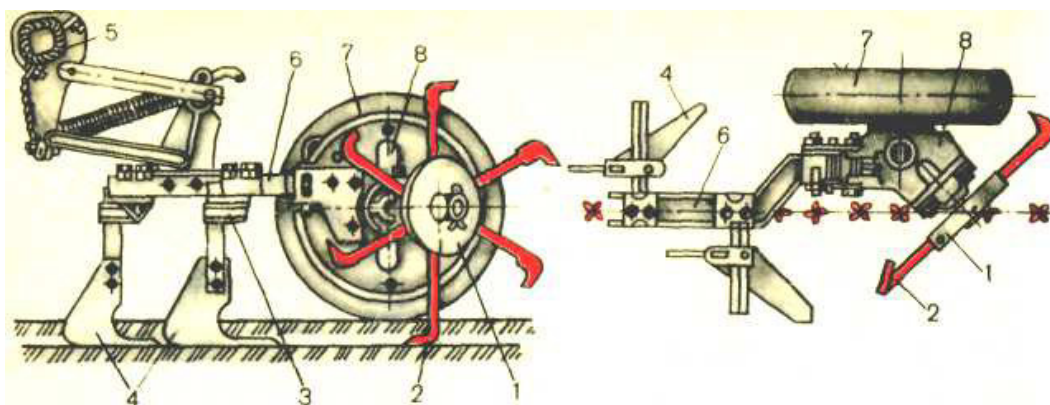
Механічний проріджувач УСМП-5,4 призначений для проріджування сходів цукрових буряків з початковою густиною не менше 8 рослин на 1 м довжини рядка та для розпушування ґрунту і знищення бур'янів у зоні рядка.

Проріджувач УСМП-5,4 містить 12 секцій, встановлених на рамі, яка складається з основного і допоміжного брусів і опирається на два опорно-ходові пневматичні колеса. Паралелограмна підвіска проріджуючих секцій із стабілізуючими пружинами сприяє надійному зчепленню приводних коліс з ґрунтом. До планок кожної секції прикріплений конічний редуктор 8. На його вхідний вал насаджено приводне колесо, а на вихідний – основний робочий орган проріджувача – ріжуча головка. Редуктор 8 прикріплений до планок грядилі 6 так, що площина обертання головки знаходиться під кутом 40° до напрямку руху агрегату. На ріжучій головці можна встановлювати різне число

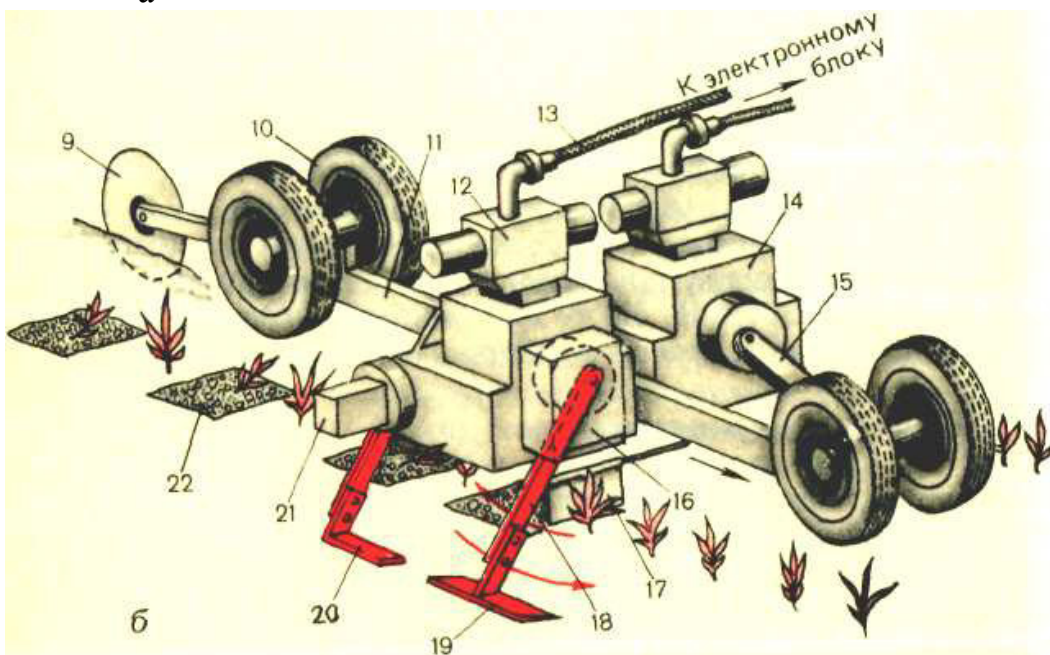
ножів – 6, 8, 12 і 18 – поодинці, попарно чи разом три, і одержувати довжину букета від 50 до 150 мм. Глибина їх ходу регулюється гвинтовим механізмом.

Проріджуючі секції встановлюють на рамі: по шість правих на лівій половині машини, а шість лівих – на правій. При цьому приводні колеса повинні розташовуватись зовні, а ріжучі головки – всередину.

Ножі механічного проріджувача (рис. 1.1, а) одержують обертовий рух від спеціальних пневматичних опорно-приводних коліс 7 секцій.



а



б

Рис. 1.1. Секції проріджувачів УСМП-5,4 (а) та ПСА-2,7 (б):

- 1 – ріжуча головка, 2, 19, 20 – ножі; 3 – тримач; 4 – односторонні лапи,
 5 – брус-рама, 6 – грядиль; 7, 10 – колеса, 8 – корпус редуктора;
 9 – диск-заземлювач; 11 – рамка; 12 – гідророзподільник, 13 – кабель;
 14 – привод; 15, 18 – важелі; 16, 17 – датчики; 21 – брус; 22 – виріз.

При русі проріджувача ріжучі головки 1, розташовані над рядками буряка, обертаються і ножами 2 вирізують частину рослин в рядку, утворюючи букети. Інтервали між букетами залежать від числа і розстановки ножів. Глибину ходу ножів в межах 3...4 см регулюють поворотом корпусу редуктора на осі опорного колеса [18].

Ширина захвата механічного проріджувача 5,4 або 2,8 м. Швидкість роботи становить 5–8 км/год залежно від фази розвитку рослин буряків, присипання їх землею і прямолінійності рядків. Недоліком механічних проріджувачів є пропуски в роботі, що можуть досягти 12 % внаслідок непрямолінійності руху. Тому рекомендується обладнувати їх орієнтаторами.

Механічні знаряддя і машини не забезпечують рівномірного розміщення рослин у рядку, а інколи й знижують густоту посівів, що негативно позначається на урожайності [4].

Автоматичні проріджувачі моделюють на формуванні густоти посівів ручну працю, видаляючи рослини тільки на загущених ділянках рядка, за рахунок чого покращується рівномірність розміщення рослин вздовж рядка на 8–20 % і досягається необхідна густота посівів без затрат ручної праці та істотного зниження врожаю. Найбільш простими і надійними в експлуатації є автоматичні проріджувачі ПСА-2,7 та ПСА-5,4, призначені для формування заданої густини рослин цукрового буряка без затрат ручної праці [4, 18].

До бруса-рами проріджувача ПСА-2,7 приєднані шість проріджуючих секцій. Секція (рис. 1.1, б) складається з рамки 11, опорних коліс 10, заземляючого диска 9 і двох проріджуючих блоків, включаючи золотникові гідророзподільники 12, гідроприводи 14 з важелями 15 і 18, ножі 19 і 20, датчик 17 виявлення рослин і датчик 16 контролю за роботою ножів. На рамі проріджувача змонтований електронний блок, до якого підключені кабелями 13 проріджуючі блоки.

Ножі автоматичного проріджувача (рис. 1.1, б) приводяться в рух від гідродвигунів, що вмикаються електромагнітними золотниками. Команда на вмикання золотників поступає від електрообчислювального блоку, що використовує електричні імпульси двох датчиків: виявлення рослин і

контролю за роботою ножів. Електричний ланцюг датчиків замикається через рослину і ґрунт; для цього кожна секція має спеціальну пластину (датчик) 17. Ніж 19 вирізує зайві рослини перед контрольною рослиною, виявленою датчиком 17. Задній ніж спускає ґрунт і видаляє зайві рослини позаду контрольного. Коли датчик торкається наступної рослини, віддаленої від першої на задану відстань, ножі рухаються у зворотному напрямку і виконують ту ж роботу.

Автоматичний проріджувач ПСА-5,4 має дванадцять проріджуючих секцій. Ширина його захвату 5,4 м. Після проріджування необхідна мінімальна ручна дообробка букетів.

Для успішної роботи автоматичних проріджувачів необхідно, щоб серед посівів не було бур'янів однакової з культурними рослинами висоти, а на поверхні ґрунту – грудочок, виступаючих більше ніж на 2 см.

Високоєфективна робота автоматичних проріджувачів можлива тільки за дотримання таких умов їх використання: початкова густина сходів 8–12 шт на 1 м довжини рядка з інтервалами між рослинами не менше 5 см; фаза розвитку рослин буряків в період проріджування – 2–4 пари справжніх листків; відсутність бур'янів, що досягають висоти або вищі культурних рослин на період формування густоти посівів (кількість бур'янів у зоні проходу датчика не повинна перевищувати 2–3 шт на 1 м довжини рядка).

В міжряддях у напрямку руху копіюючого пристрою також не повинно бути грудок діаметром більше 30 мм, сторонніх предметів і западин або виступів вище 30 мм над поверхнею ґрунту в зоні ряду на ширині, рівній ширині захвату копіюючого пристрою. Вирівнювання мікрорельєфу ґрунту забезпечується прикочуванням сходів за 1–2 дні перед проріджуванням, і застосуванням гербіцидів та інсектицидів для боротьби з бур'янами і шкідниками. При виконанні вказаних умов та агротехнічних прийомів прогресивної технології обробітку цукрового буряка, автоматичний проріджувач забезпечує формування насаджень на кінцеву густину без застосування ручної праці.

Застосування автоматичних проріджувачів на посівах, де на 1 м довжини рядка менше 8 рослин, призводить до надмірного зрідження сходів. При початковій густоті сходів понад 14 рослин на 1 м довжини рядка якість роботи автоматичних проріджувачів знижується і суттєво не відрізняється від механічних.

Роботу проріджувачів прийнято оцінювати за показником зміни коефіцієнта варіації інтервалів між рослинами буряків, який визначають за формулою [4]:

$$K = \frac{V_{III} - V_{III}}{V_{III}} \cdot 100 \quad (1.1)$$

де V_{III} і V_{III} – коефіцієнти варіації інтервалів між рослинами відповідно до і після проріджування.

Величина K може мати позитивне і негативне значення. Знак мінус свідчить про покращення рівномірності розміщення рослин. Чим вище абсолютне значення показника при цьому знаку, тим рівномірніше розподілені сходи буряків після проріджування відносно початкового їх розміщення.

За оптимальних умов роботи автоматичними проріджувачами видаляється 28–57 % рослин буряків і забезпечується після проріджування в середньому 6–6,5 рослин на 1 м довжини рядка. Проте такий режим роботи може порушуватись, якщо в зону датчика потрапляють бур'яни або грудочки землі, викликаючи спрацьовування різальних ножів. Різниця у видаленні рослин залежно від фаз їх розвитку (2–3–4 пари справжніх листків) незначна, що дозволяє застосовувати автоматичні проріджувачі для формування густоти посівів протягом 12–15 днів без негативного впливу на урожайність. Пошкодження рослин буряків автоматичними проріджувачами знаходиться в межах 7–27 %. Порівняльна оцінка різних способів формування густоти насадження показує, що врожайність на ділянках з застосуванням автоматичних проріджувачів істотно не відрізняється від тих, де густоту формували вручну.

Якщо оцінювати способи формування густоти посівів щодо затрат праці на вирощування 1 ц коренеплодів, то найменші вони будуть при сівбі на кінцеву густоту, дещо більшими – при автоматичному проріджуванні та проріджуванні механічними проріджувачами з наступною перевіркою вручну і найбільшими - при ручному прориванні.

Таким чином, серед можливих на сучасному етапі способів формування густоти посівів слід віддати перевагу проріджуванню сходів автоматичними і механічними проріджувачами, а також сівбі на кінцеву густоту.

1.3. Опис проріджувача буряків автоматичного ПСА-2,7

Проріджувач буряковий автоматичний ПСА-2,7 [16] призначений для механізованого формування густини насаджень цукрового буряка з одночасним спущуванням ґрунту в зоні рядка між залишеними рослинами.

Проріджувач ПСА-2,7 - начіпний. Агрегатується з тракторами МТЗ-80 і МТЗ-82 при встановленні задніх коліс з вузькими шинами на ширині колії 1800 мм при частоті обертання ВВП 1000 об/хв.

Завдяки використанню системи сигналізації, не потребує оператора, обробляє ґрунт у зоні рядка з обох боків залишених рослин. Привод робочих органів здійснюється від ВВП трактора, а живлення систем сигналізації – від електричної системи останнього. Технічні дані проріджувача подано у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Технічні дані автоматичного проріджувача ПСА-2.7

Найменування	Од. вимір.	Значення
ЗАГАЛЬНІ ДАННІ		
Тип машини		Начіпна, автоматична
Марка		ПСА-2 7
Агрегатується с тракторами		МТЗ-80, МТЗ-82 із задніми шинами 9,5-9-42 и шириною колії 1800 мм
Робоча швидкість	км/год	3.2...5.4
Ширина захвату	м	2.7

Число оброблюваних рядків	шт	6
Ширина міжрядь	см	45
Продуктивність за 1 год чистої роботи	га	0,86.. 1,46
Кількість обслуговуючого персоналу	люд.	1 (тракторист)
Транспортна швидкість	км/год	до 15
Габаритні розміри машини: довжина ширина висота	мм	1660 3150 1320
Габаритні розміри агрегату в робочому положенні: довжина ширина висота (по габариту трактора) в транспортному положенні: довжина ширина висота (по габариту трактора)	мм	5150 3150 3470 4070 3150 2470
Дорожній просвіт	мм	не менше 250
Привод гідронаосу		від заднього ВВП трактора
Частота обертання ВВП	об/хв (рад/с)	1000 (104,5)
Середня потужність, яка споживається від ВВП	к. с. (кВт)	16,9 (12,4)
Ширина колії опорно-ходових коліс	мм	2700
Мінімальний радіус повороту агрегату по крайній зовнішній точці по сліду зовнішнього колеса	м	5,7 5,4
Кількість місць змащування щозмінних сезонних	шт	– 30
Привод робочих органів		гідравлічний
Робочі органи		Г-подібні та Т-подібні ножі, встановлюються згідно вибраної схеми проріджування
Середня кількість ножів у комплекті, разом із змінними	шт	36
Система керування робочими органами		Електронна
Маса машини: конструктивна експлуатаційна	кг	910 ± 3 % 996 ± 3 %
Допустимі кути нахилу агрегату при роботі: поперечний повздовжній	град (рад) град (рад)	до 4 (0,07) до 7 (0,12)
Межі температур, при яких може експлуатуватися машина	град С	+ 2... + 40

ХОДОВА СИСТЕМА		
Тип ходової системи		двоколісна, на пневматичних шинах
Розміри шин	мм (дюйм)	135 –254 (5,0–10)
Тиск в шинах	кгс/см ² (МПа)	3± 0.5 (0,3±0,05)
Рама		двобрусна зварна, з опорними стійками
Приєднання до трактора		автозчіпка СА-1
ПРОРІДЖУЮЧА СЕКЦІЯ		
Тип		причіпна, на двох котках
Число секцій на машині	шт	6
Проріджувачий механізм		Коливальної дії, складається з двох ножів, закріплених до обох кінців валу гідродвигуна датчика виявлення рослин та листковідгинача
Число проріджувачих механізмів в секції	шт	1
Ножі		Г - подібні та Т – подібні з двобічними заточуванням
Розміри ножів довжина леза: Г - подібних Т - подібних ширина леза: Г - подібних Т - подібних	мм	80; 100; 120 80; 100; 120 25 30
Привод ножів		Гідравлічний двигун
Датчик виявлення рослин		Електроконтактний, шарнірно закріплений на кронштейні гідродвигуна
Ширина зони виявлення	мм	110
Межі регулювання датчика по висоті від поверхні ґрунту	мм	10...60
Межі регулювання листковідхиляча по висоті	мм	65...200
Копіюючий пристрій		Балансирного типу, на чотирьох опорних катках, розташованих спереду та ззаду проріджувачого механізму, симетрично відносно повздовжньої осі гідродвигуна
Тип катків		з шинами атмосферного тиску
Розміри шин	мм	230×100
Механізм регулювання глибини ходу ножів		Рейково-шестеренчастого типу, закріплений до бруса секції і шарнірно з'єднаний з мостом копіюючого пристрою
Межі регулювання глибини ходу ножів	мм	10...40
Підвіска		паралелограмна
ГІДРАВЛІЧНА СИСТЕМА		
Тип гідросистеми		Автономна, розімкнута, з автоматичним підтриманням тиску при постійній

		продуктивності насоса
Привод насосу		Від ВВП трактора через карданну передачу, проміжний вал і зубчату муфту
Насос		Шестеренчастий НШ-67Л лівого оберт.
Робочий об'єм насоса	куб. см	67±3 %
Номінальна подача насоса при 1000 об/хв не менше	л/хв (м ³ /с)	64 (1,07x10 ⁻³)
Робочий тиск в гідросистемі: в напірній магістралі в підпірній магістралі	кгс/см ² (МПа)	80...100 (8,0...10,0) 12...16 (1,2, 1,6)
Робоча рідина		Масило М10В ТУ38.101 649-76; МГ-30 ТУ38 101.50-70; М10В2 ГОСТ 8581-78 або М-8А ГОСТ 10541-78
Степінь фільтрації	мкм	63
Об'єм гідросистеми	л(куб. м)	90 (0,09)
Об'єм резервуара	л (куб. м)	80 (0,08)
Кількість заправних ємкостей	шт.	7 (резервуар і картери гідродвигунів)
Інтервал робочих температур мастила в гідросистемі	град. С	20...75
Максимально допустима температура робочої рідини	град. С	80
Гідродвигун		Поршневий, неповно-поворотний БВХ-40 (НРБ)
Число циліндрів	шт.	2
Діаметр поршня	мм	40
Хід поршня	мм	14
Робочий об'єм	куб. см	17,6
Номінальний крутний момент при куті повороту 30 град.	кгс м (Нм)	6 (60)
Кут повороту валу від вертикалі	град (рад)	30 ±1,5 (0,52 ±0,03)
Об'єм картера гідродвигуна	куб см	160
Ущільнювач поршня	мм	32×40×5
ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ І КОНТРОЛЮ		
Тип		СЕАЦ-1, складається з електронного блоку, пульта керування, комплексу датчиків контролю руху ножів і з'єднувальних кабелів
Джерело живлення		Бортова мережа трактора
Напруга мережі (номінальна)	В	12 (постійного струму)
Споживаний струм (максимальний)	А	25
Число каналів керування	шт.	6
Значення кроку проріджувача	см	13; 15, 18; 20; 23
Значення чутливості системи виявлення: для нижнього порогу для верхнього порогу	МОм	0,43, 0,1, 0,2; 0,3; 0,43; 0,62; 0,91; 1,2; 1,8 0,43; 0,62; 0,91; 1,2; 1,8; 2,4; 5,1; 10; 15
Датчики контролю руху ножів		Виконані на базі магнітокерованого герметичного контакту (геркона) і постійного магніту
Число датчиків на машині	шт	6

Основними складальними одиницями машини (рис. 1.2) є рама з автозчіпкою, опорно-ходові колеса, карданний вал з приводом гідронасоса, пристрій заземлення, шість проріджувальних секцій, гідравлічна система приводу, електронні системи керування робочими органами, контролю і сигналізації [4, 16].

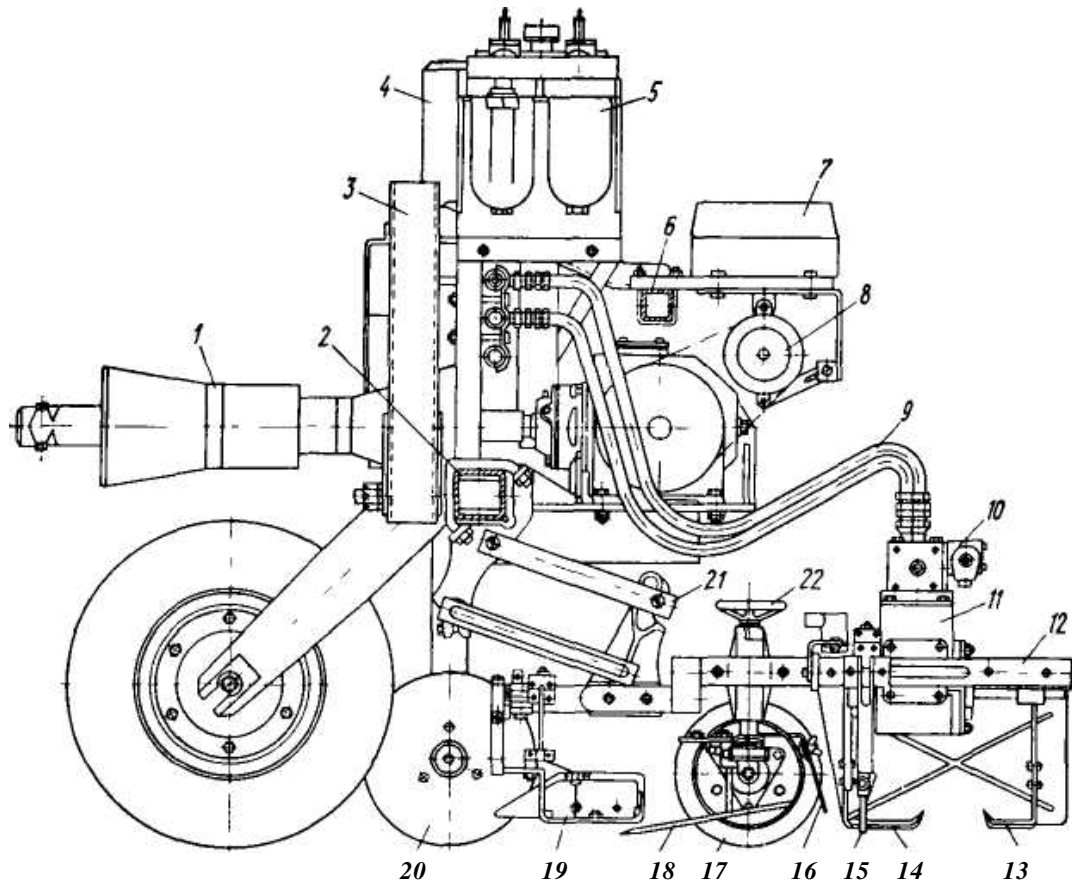
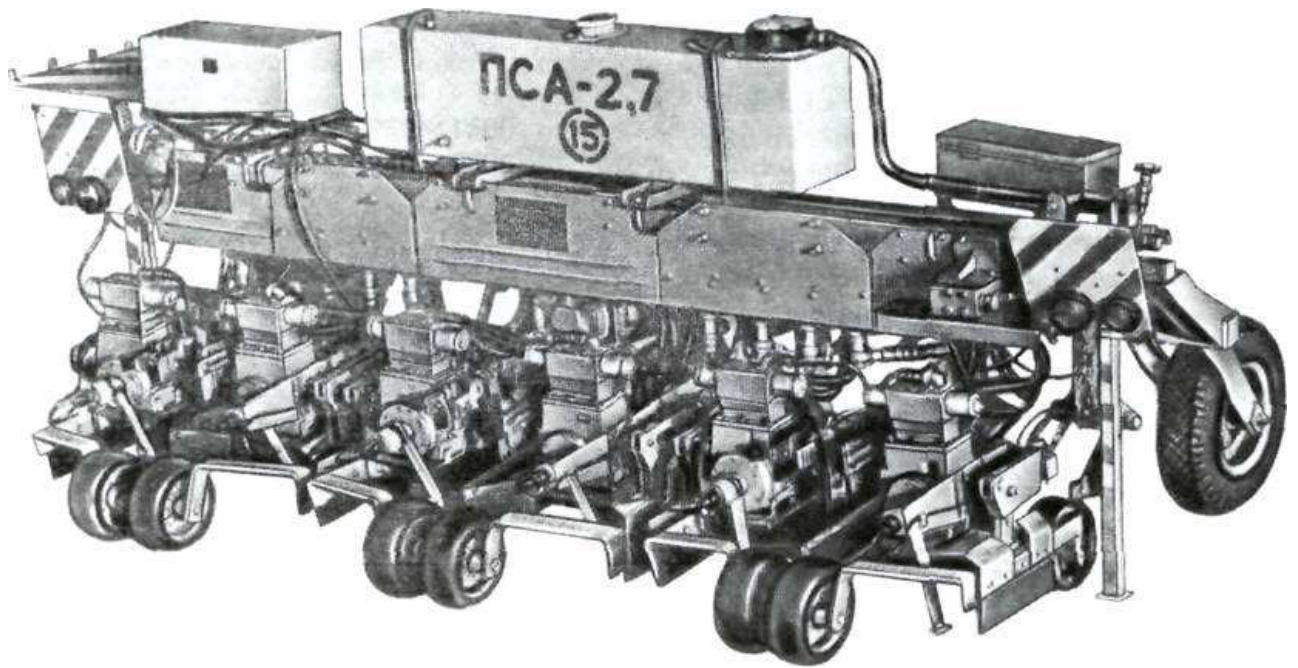


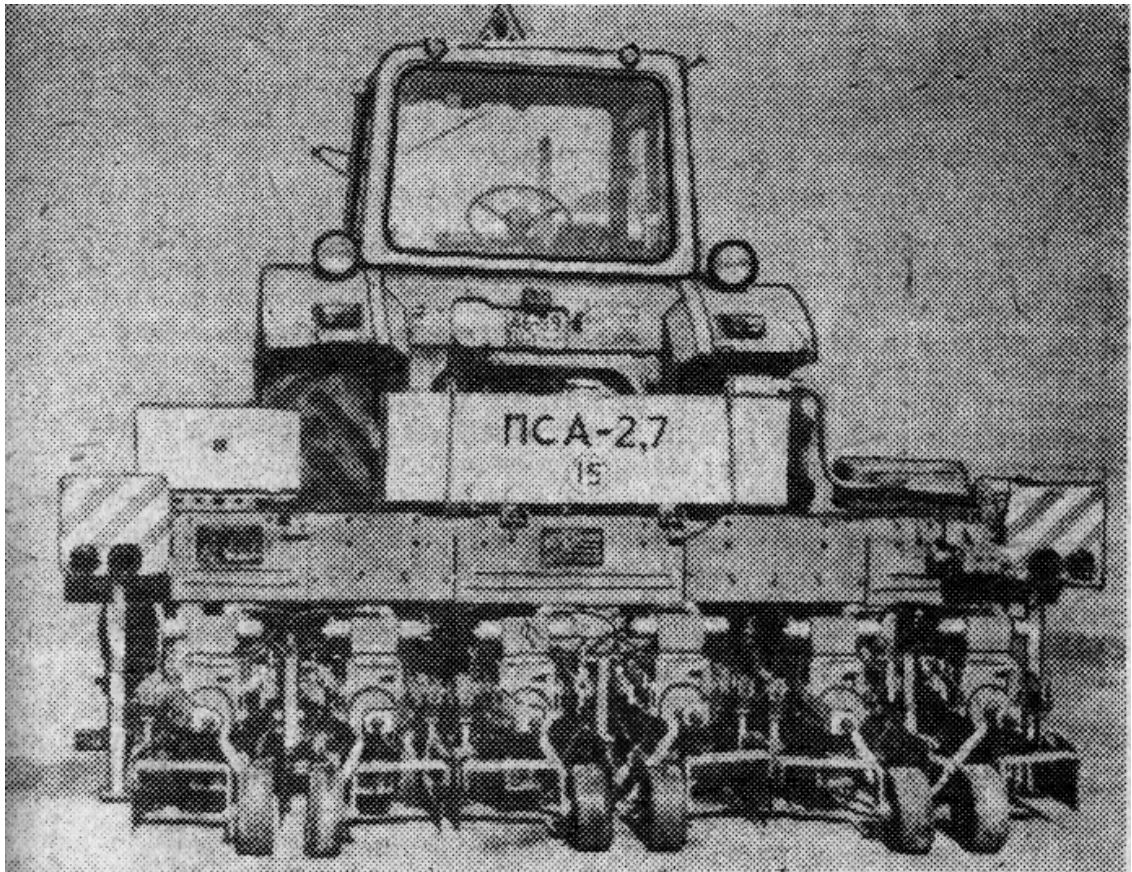
Рис. 1.2. Загальний вигляд проріджувача автоматичного ПСА-2,7:

1 – карданна передача, 2 – основний брус рами; 3 – замок автозчіпки; 4 – масляний бак;
 5 – фільтр тонкої очистки; 6 – допоміжний брус рами; 7 – пульт керування секцій;
 8 – генератор; 9 – маслопроводи; 10 – електрогідророзподільник; 11 – гідромотор; 12 – рама секції;
 13 – задній ніж; 14 – передній ніж; 15 – датчик виявлення рослин; 16 – листовідгинач;
 17 – копіювальний коточок; 18 – листопідіймач; 19 – датчик контролю керування;
 20 – заземлювач; 21 – паралелограмна підвіска; 22 – маховичок гвинтового механізму копіювального коточка.

Загальний вигляд автоматичного проріджувача ПСА показано на рис. 1.3.



а)



б)

Рис. 1.3. Автоматичний проріджувач ПСА-2,7:

а) загальний вигляд;

б) в агрегаті з трактором МТЗ-80.

Проріджувач забезпечений автономною гідросистемою з окремим гідронасосом, який працює від ВВП трактора. Електронна система керування і контролю живиться від електроустаткування трактора.

Рама проріджувача зварної конструкції є місцем для монтування основних вузлів проріджувача. Вона має основний 2 і допоміжний 6 бруси. В передній частині рами приєднано замок 3 автозчіпки, яким вона приєднується до автозчіпки трактора. Підтримується рама в робочому положенні на двох колесах з пневматичними шинами.

Ходова система проріджувача складається з трубчатої двобрусової рами, на яку монтуються опорно-ходові колеса, проріджуючі секції з паралелограмними підвісками, вузли гідросистеми та електронної системи та інші вузли машини. Колеса та карданний вал розташовані попереду рами, а по краях рами встановлені опори, пристрої для зачалування вантажопідіймальними засобами і щитки з приладами світлової сигналізації.

Проріджувальна секція з'єднана з рамою (рис. 1.2) через паралелограмну підвіску 21. На рамі 12 проріджувальної секції розміщені гідродвигун 11 з електрогідророзподільником 10, датчик 15 виявлення рослин, датчик 19 контролю керування, листовідвід 16, листовіддмач 18 та передній 14 і задній 13 ножі, закріплені на валу гідродвигуна. Підтримується секція в робочому положенні на копіювальному коточку 17 з гвинтовим механізмом.

Проріджуюча секція (рис. 1.4) складається з проріджуючого механізму, встановленого на каретку, що спирається на два копіюючі катки, листовідгинача і розділювального щитка. Поперечний брус 10, виконаний з квадратної труби перерізом 50×50×5, з'єднаний шарнірно з кронштейном 8. До бруса 10 за допомогою кронштейнів 11 прикріплено гідродвигун 12 проріджуючого механізму та каретка 13. Для регулювання глибини обробки рослин в каретці є рухома рейка, розташована в направляючому пазу кронштейна, яка входить в зачеплення з шестернею. Шарнірне кріплення зубчатої рейки з мостом каретки дозволяє датчику виявлення рослин і ножам копіювати мікрорельєф ґрунту, що необхідно для якісного виконання технологічного процесу проріджування рослин [16].

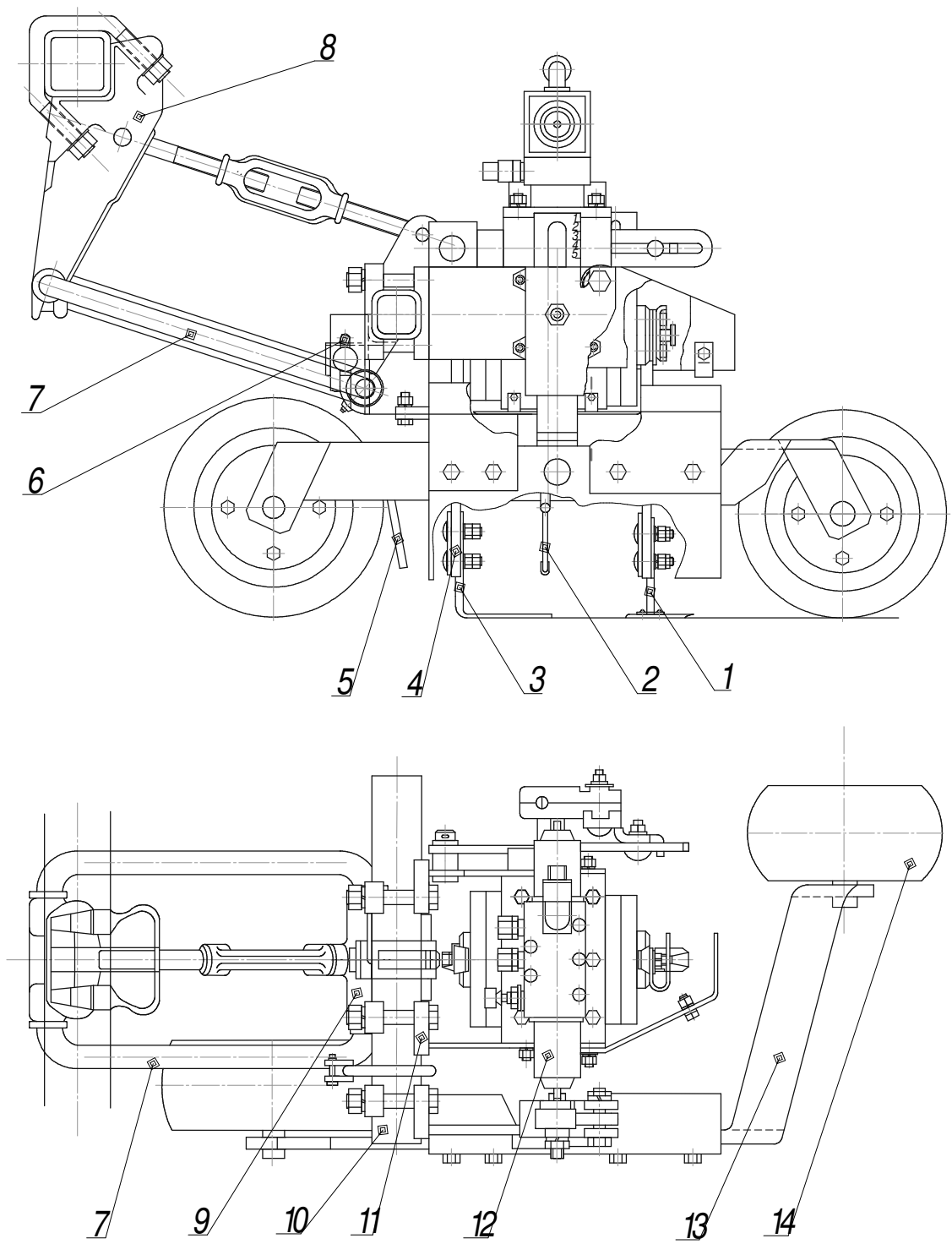


Рис. 1.4. Проріджуюча секція

- 1 – Т-подібний ніж; 2 – контактна частина датчика виявлення рослин; 3 – Г-подібний ніж,
 4 – стійка, 5 – листковідхиляч; 6 – паз листковідхиляча; 7 – паралелограмна підвіска;
 8 – передній кронштейн паралелограмної підвіски; 9 – задній кронштейн паралелограмної
 підвіски; 10 – поперечний брус; 11 – кронштейн гідродвигуна; 12 – гідродвигун;
 13 – каретка; 14 – коток.

Проріджуюча секція опирається на ґрунт двома катками 14. Катки встановлені на каретці таким чином, що при русі машини по полю опорні катки секції перекочуються по обидва боки ряду рослин. Проріджуючі секції прикріплені до основного бруса рами симетрично замка автозчеплення, а відстань між осями всіх гідродвигунів рівна ширині міжрядь.

До внутрішнього кронштейна 11 гідродвигуна шарнірно закріплений підпружинений кронштейн з датчиком виявлення рослин 2.

До обох кінців валу гідродвигуна прикріплені стійки 4, які мають з двох боків заглиблення з отворами для встановлення ножів.

До передньої, по ходу руху машини, стійки кріпиться Г-подібний ніж 3, лезом у бік другого, Т-подібного ножа 1, закріпленого до задньої стійки. Між ножами розташовується контактна частина 2 датчика виявлення рослин. Попереду гідродвигуна до бруса секції закріплений листковідгинач 5, який має паз 6 для регулювання його по висоті розташуванням над ґрунтом.

Гідравлічна система проріджувача містить гідронасос, резервуар для мастила, запобіжний, підпірний і розвантажувальний клапани, три дроселі із зворотним клапаном, шість гідродвигунів для приводу робочих органів, п'ять гідроаккумуляторів високого тиску і два гідроаккумулятори низького тиску, запірний кран, кран манометра, манометр, напірні, зливні і дренажні сполучні трубопроводи.

Привод гідронасоса закріплений до основного бруса рами і з'єднується з ВВП трактора за допомогою карданного валу. Гідронасос встановлений на кронштейні приводу насоса і сполучений забірним трубопроводом з резервуаром і нагнітальним трубопроводом з гідродвигунами секції.

Електронна система призначена для керування робочими органами та контролю технологічного процесу, який виконує машина.

Електронна система функціонально складається з системи автоматичного керування та системи автоматичного контролю і сигналізації.

Система автоматичного керування робочими органами містить:

—датчик виявлення рослин електроконтактного типу;

—підсилювально-перетворювальний поріг пристрій керування

виконавчим механізмом робочого органа;

- електромагнітний виконавчий механізм робочого органа;
- заземляючий пристрій.

Система автоматичного контролю і сигналізації виконує функції:

- контроль водіння агрегату по рядках;
- контроль максимальної температури мастила;
- контроль густини насадження після проріджування;
- контроль руху робочих органів;
- блокування звукового сигналу.

Конструктивно електронна система складається з електронного блока, закріпленого на рамі машини, пульта керування, який кріпиться на щитку приладів в кабіні трактора, шести датчиків виявлення рослин, змонтованих на проріджуючих секціях, вимикача звукового сигналу, двох заземлювачів та двох датчиків контролю водіння агрегату по рядках, закріплених попереду машини до основного бруса рами, шести датчиків контролю роботи ножів, встановлених на проріджуючих секціях, датчика контролю температури мастила, встановленого в резервуарі, та з'єднувальних кабелів.

На машині також встановлені габаритні щитки з сигнальними світловими приладами для забезпечення безпеки руху агрегату при транспортуванні.

Технологічний процес проріджування сходів буряка виконується наступним чином. Під час руху агрегату вздовж рядків буряків датчик торкається рослин і замикає електричне коло «датчик – рослина – ґрунт – заземлювач» (рис. 1.5). Імпульс, що виникає, підсилюється в електронному блоці і замикає коло електромагніта розподільника гідродвигуна проріджувальної секції.

Електромагніт переміщає золотник гідророзподільника з одного положення в інше, завдяки чому масло з напірної магістралі гідросистеми поступає в один з циліндрів гідродвигуна приводу ножів, що приводить до повороту валу гідродвигуна з одного крайнього положення в інше. Ножі, закріплені на валу гідродвигуна, виконують рух поперек ряду, заглиблюючись

у ґрунт на глибину 1-2 см і вирізають рослини, які попадають в зону їх дії, розташовані попереду і ззаду виявленої рослини. Передній ніж вирізує бур'яни і зайві рослини перед контрольною рослиною, яку виявив датчик. Задній ніж спускає ґрунт і видаляє рештки бур'янів і зайвих рослини позаду контрольної рослини. Швидкість руху ножів – 7 м/с.

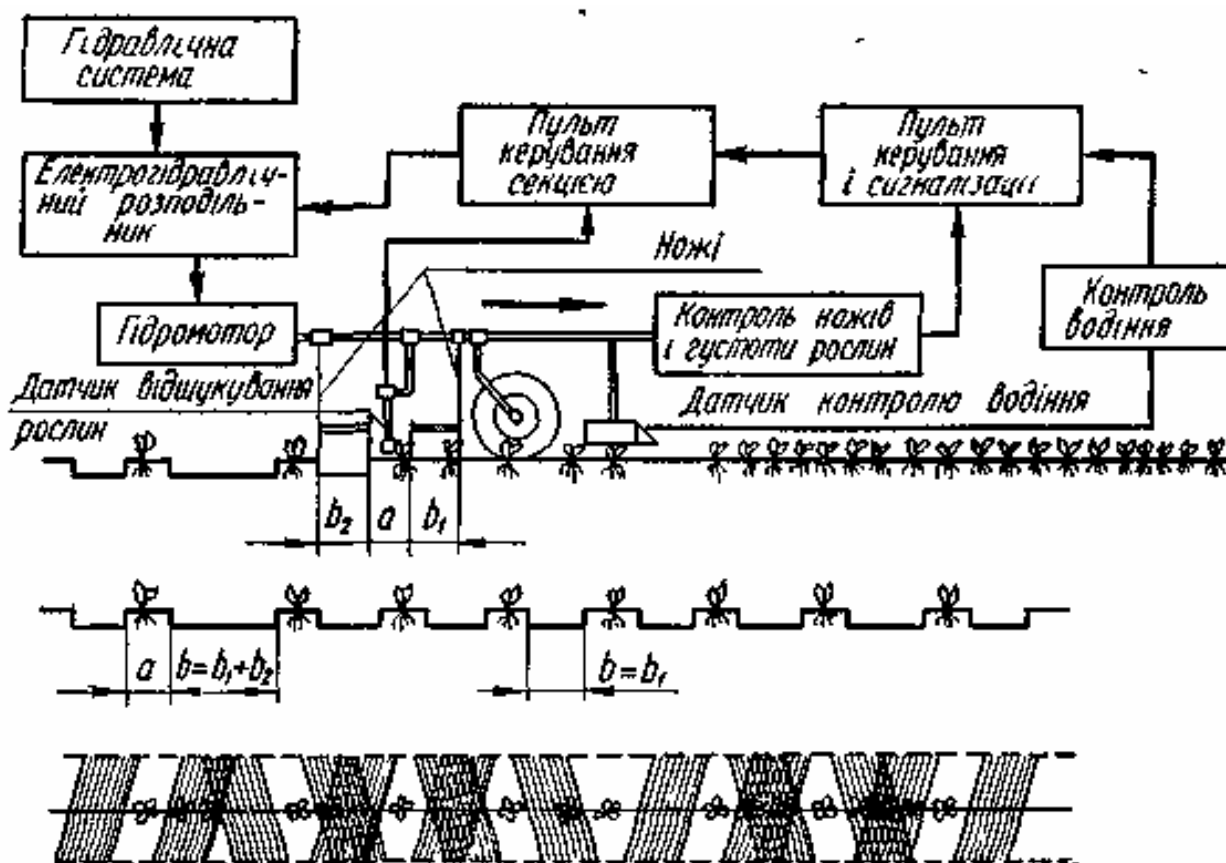


Рис. 1.5. Схема роботи автоматичного проріджувача ПСА-2,7 (ПСА-5,4):

a – ширина неvirізаной ділянки рядка перед і після рослини цукрових буряків;

b_1 – довжина леза переднього ножа; b_2 – довжина леза заднього ножа.

При контакті датчика з наступною рослиною після проходження заданого інтервалу виникає така ж серія електричних та гідравлічних імпульсів, які приводять в рух другий поршень гідродвигуна, повертаючи перший поршень в початкове положення. При цьому ножі виконують рух поперек ряду у зворотному напрямі. Крок між залишеними рослинами і величина букета задається до початку проріджування. Після завершення робочого циклу ножі залишаються нерухомими над ґрунтом збоку ряду до появи чергового сигналу.

У разі відсутності рослин в ряду (за відсутності сигналів), що трапляється, коли щуп рухається над малими рослинами і не торкається їх, проріджування на цих ділянках проводитися не буде. Те ж відбувається, якщо чутливість системи виявлення рослин електронної системи встановлена недостатньою. В цих випадках необхідно призвести відповідні регулювання положення датчика виявлення рослин відносно ґрунту і чутливості електронної системи. Регулювання датчика виявлення рослин по висоті проводиться в залежності від нерівностей мікрорельєфу і висоти рослин.

Регулювання відстані від виявленої рослини до початку вирізу для даної швидкості руху агрегату досягається зміною відстані між контактною частиною датчика виявлення рослин і ножами. При цьому рослина в букеті зміщується в тому ж напрямку, в якому переміщається датчик. Небажано, щоб рослини розташовувалися по краю непідрізаної ділянки, оскільки це приводить до пошкодження листя. При відхиленні проріджуючої секції від осі ряду більше допустимого датчики контролю водіння агрегату торкаються рослин буряка і на панелі пульта перед водієм спалахує лампочка, вказуючи напрям, в якому необхідно скоректувати рух агрегату. Якщо водій своєчасно не зреагував на це, вмикається звуковий сигнал.

У разі відсутності рослин в ряду, а також за наявності несправностей в машині, що приводять до зупинки робочого органу, вмикається світлова і звукова сигналізація системи контролю руху робочих органів. При цьому на панелі пульта керування перед водієм спалахує лампочка.

За допомогою автоматичного рахункового пристрою, розташованого на пульті керування, водій в процесі роботи періодично контролює густину залишених рослин (кількість рослин на 1 погонному метрі рядка) і коректує параметри проріджування. Індикація і скидання результатів рахунку проводиться автоматично через кожні 10 м пройденого машиною шляху.

Автоматизоване проріджування проводиться при русі агрегату із швидкістю 3,2...5,4 км·год залежно від стану ґрунту, прямо лінійності рядів і точності водіння агрегату. Середня продуктивність автоматичного проріджувача ПСА-2,7 становить 1,35 га/год.

1.4. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

В середньому, по бурякосійних господарствах країни, затрати ручної праці на формуванні густини посівів з виконанням бур'янів становлять 80–160 людино-год/га, або 45–55 % всіх затрат на виробництво цукрових буряків. Правильне застосування механізмів при формуванні густини посівів дозволяє скоротити затрати праці на цій операції до 20–30 людино-год/га.

Необхідну густину насаджень при вирощуванні цукрового буряка забезпечують поперечним боронуванням в два-три проходи або букетуванням – поперечним проріджуванням сходів цукрового буряка культиватором чи спеціалізованими агрегатами (механічні та автоматичні проріджувачі).

Недоліком механічних проріджувачів є пропуски в роботі, що можуть досягти 12 % внаслідок непрямої руху. Механічні знаряддя і машини не забезпечують рівномірного розміщення рослин у рядку, а інколи й знижують густоту посівів, що негативно позначається на урожайності.

Автоматичні проріджувачі при формуванні густоти посівів моделюють ручну працю, видаляючи рослини тільки на загущених ділянках рядка, за рахунок чого покращується рівномірність розміщення рослин вздовж рядка на 8–20 % і досягається необхідна густота посівів без затрат ручної праці та істотного зниження врожаю. Таким чином, серед можливих на сучасному етапі способів формування густоти посівів, слід віддати перевагу проріджуванню сходів автоматичними проріджувачами.

Для агропромислового комплексу нашої країни важливим є підвищення продуктивності сільськогосподарських знарядь, забезпечення їх надійності та необхідної довговічності експлуатації.

Оскільки автоматичний проріджувач ПСА-2.7 є начіпною машиною, то підвищення продуктивності можна досягти зменшенням маси агрегату, підвищенням точності проріджування та зменшенням пропусків у роботі.

Це забезпечується удосконаленням основного робочого вузла проріджувача ПСА-2.7 – проріджувальної секції.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМАТИЧНОГО ПРОРІДЖУВАЧА ПСА-2.7

2.1. Обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів

2.1.1. Опис удосконалення робочої секції проріджувача ПСА-2.7

Для зменшення маси автоматичного проріджувача сходів цукрового буряка ПСА-2.7 запропоновано проріджуючі секції машини зробити спареними, об'єднавши ліві та праві робочі секції попарно за допомогою спільного несучого бруса та однієї паралелограмної підвіски.

В такому випадку проріджуюча секція (рис. 2.1) складатиметься з двох проріджуючих механізмів 10, сполучених поперечним брусом 15, що спираються на чотири копіюючі катки 12, двох листковідгиначів 5 і розділювального щитка 11. Кріпитиметься секція до основного бруса рами за допомогою паралелограмної підвіски 19 через передній кронштейн 8.

Поперечний брус 15 проріджуючої секції, виконаний з квадратної труби перерізом 50×50×5 мм, з'єднаний шарнірно із заднім кронштейном 18 паралелограмоної підвіски пальцем 17. До бруса за допомогою кронштейнів 16 прикріплено два гідродвигуна 14 проріджуючих механізмів та дві каретки 13.

Для регулювання глибини обробки рослин в каретці 13 є рухома рейка 10, розташована в направляючому пазу кронштейна 9, яка входить в зачеплення з шестернею. Для фіксації рейки у вибраному положенні служить зубчата шайба, яка притискається гайкою 8. Шарнірне кріплення зубчатої рейки з мостом каретки дозволяє датчику виявлення рослин і ножам копіювати мікрорельєф ґрунту, що необхідно для якісного виконання технологічного процесу проріджування рослин.

Проріджуюча секція опирається на ґрунт чотирма катками 12 (рис 2.1). Катки встановлені на каретках таким чином, що при русі машини по полю пара опорних катків кожної каретки проріджуючої секції перекочується по обидва боки ряду рослин, також копіюючи мікрорельєф ґрунту.

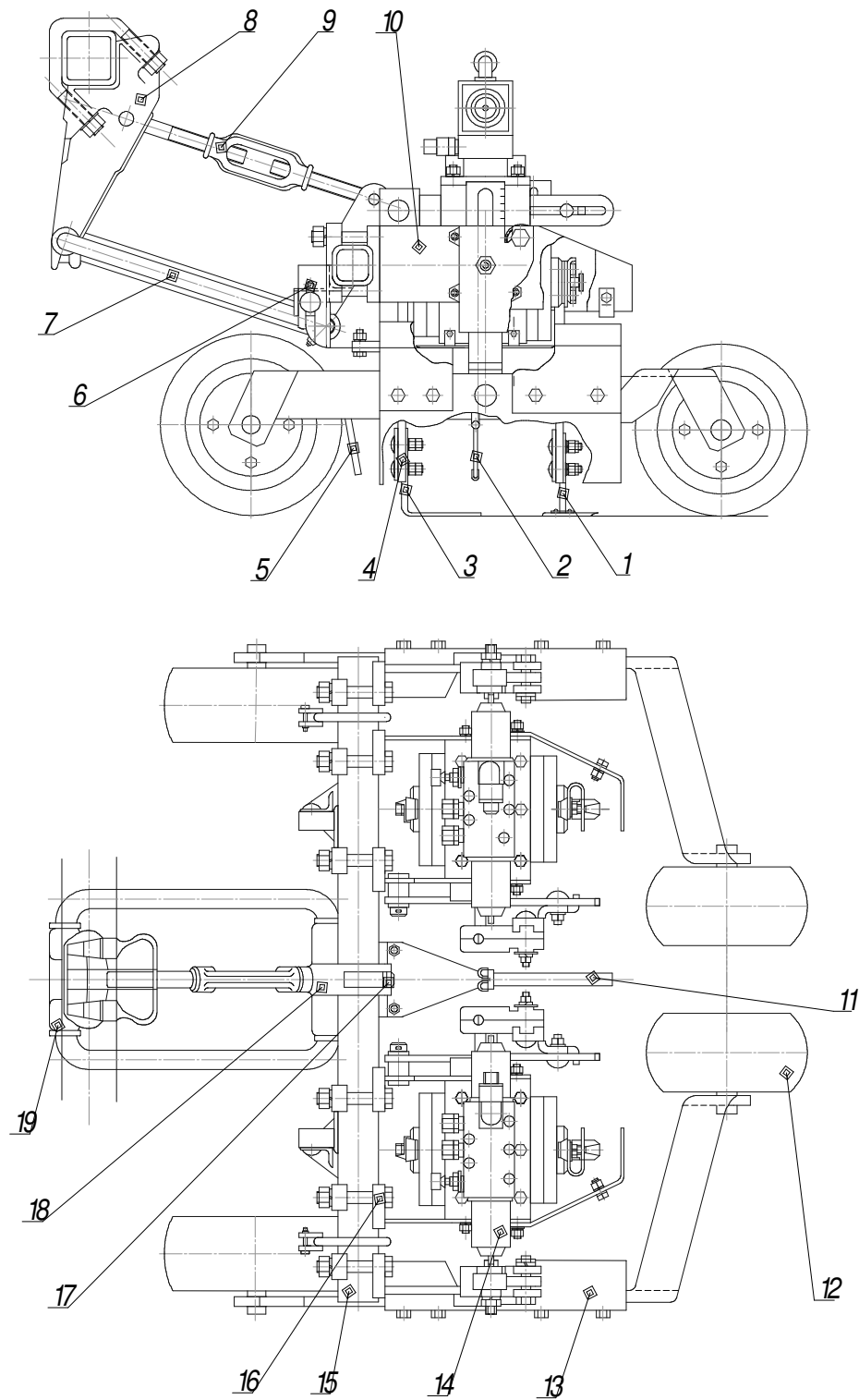


Рис. 2.1. Удосконалена робоча секція проріджувача ПСА-2.7:

1 – Т-подібний ніж; 2 – контактна частина датчика виявлення рослин; 3 – Г-подібний ніж, 4 – стійка, 5 – листковідхиляч; 6 – паз листковідхиляча; 7 – нижня ланка паралелограмної підвіски; 8 – передній кронштейн паралелограмної підвіски; 9 – верхня регульована ланка паралелограмної підвіски; 10 – проріджувальний механізм; 11 - розділювальний щиток; 12 – коток; 13 – каретка; 14 – гідродвигун; 15 – брус; 16 – кронштейн гідродвигуна; 17 – палець; 18 - задній кронштейн паралелограмної підвіски; 19 – паралелограмна підвіска.

Проріджуюча секція опирається на ґрунт чотирма катками 12 (рис 2.1). Катки встановлені на каретках таким чином, що при русі машини по полю пара опорних катків кожної каретки проріджуючої секції перекочується по обидва боки ряду рослин, також копіюючи мікрорельєф ґрунту.

Проріджуючі секції прикріплені до основного бруса рами таким чином, що середня секція розташована симетрично замка автозчіпки, а відстань між осями всіх гідродвигунів рівна ширині міжрядь.

Підвіска середньої секції складається із зварного переднього кронштейна 8, закріпленого до основного бруса рами машини, і кронштейна 18, закріпленого на брусі проріджуючої секції. Обидва кронштейни шарнірно сполучено нижньою 7 та регульованою верхньою 9 ланками.

З'єднання проріджуючої секції з рамою машини за допомогою паралелограмної підвіски і шарнірне кріплення зубчатої рейки з мостом каретки дозволяє датчику виявлення рослин і ножам краще копіювати мікрорельєф ґрунту, що необхідно для якісного виконання технологічного процесу проріджування рослин.

До бруса 15 попереду гідродвигуна 14 секції закріплений листковідгинач 5, який має паз 6 для регулювання його по висоті розташуванням над ґрунтом.

До внутрішнього кронштейна 16 гідродвигуна 14 шарнірно закріплений підпружинений кронштейн з датчиком виявлення рослин 2.

До обох кінців валу гідродвигуна 14 прикріплені стійки 4, які мають з двох боків заглиблення з отворами для встановлення ножів.

До передньої, по ходу руху машини, стійки кріпиться Г-подібний ніж 3, лезом у бік другого, Т-подібного ножа 1, закріпленого до задньої стійки. Між ножами розташовується контактна частина 2 датчика виявлення рослин.

Довжина вирізуваної ділянки рядка і довжина непідрізаної ділянки з рослиною регулюється установкою ножів з певною довжиною леза, їх кількістю, розміщенням їх на стійках з внутрішньої або зовнішньої сторони при установці відповідного кроку проріджування.

Таке інженерне рішення забезпечує зменшення маси проріджувача ПСА-2.7 за рахунок зменшення кількості паралелограмних підвісок та кріпильних кронштейнів вдвічі (з шести до трьох) та підвищить надійність системи, оскільки зменшиться також і ймовірність відмови підвіски проріджуючих секцій.

2.1.2. Обґрунтування способу та схеми проріджування

Щоб правильно вибрати спосіб і схему проріджування, слід оцінити посіви на кожному полі. Для цього визначають початкову густину, рівномірність сходів, забур'яненість і рельєф поля. У 20 місцях по діагоналі поля накладають на рядок буряків рейку довжиною 2 м з поділками через 1 см і підраховують кількість сходів буряків. При цьому дві і більше рослини, що припадають на 2 см довжини рядка, рахують як одну рослину. Одночасно вимірюють довжину всіх інтервалів між рослинами, що перевищують 25 см. Одержану сумарну довжину визначають у процентах від загальної довжини облікових двометрових відрізків.

Якщо одержане число не перевищує 10 %, для формування густини посівів застосовують схеми проріджування, рекомендовані з врахуванням середньої густини сходів. Коли ж це число більше, на таких посівах, незалежно від середньої густини сходів, застосовують тільки схеми проріджування, за яких довжина вирізу дорівнює або менша довжини букета. Відступають від цього правила лише на дуже засмічених бур'янами полях, де змушені нехтувати деяким зменшенням густини посівів за рахунок збільшення площі вирізаня бур'янів.

Для оцінки засмічення посівів цукрових буряків бур'янами у 20 місцях по діагоналі поля, де підраховали густину сходів, одночасно підраховують на тих же двометрових відрізках у захисній зоні рядка кількість сходів бур'янів на ділянці шириною 20 см (по 10 см з кожного боку рядка). Якщо бур'янів

менше, ніж сходів бур'яків, посів вважають мало засміченим бур'янами, якщо більше – дуже засміченим бур'янами [4].

Потім вибирають спосіб і схему проріджування, користуючись таблицею 2.1.

Таблиця 2.1

Способи і схеми проріджування посівів бур'яків залежно від густини сходів, рівномірності їх розміщення по довжині рядка та засміченості поля бур'янами

Густина сходів, шт./м	Розміщення рослин у рядку	Ступінь засмічення бур'янами	Способи і схеми проріджування посівів
8–10 11–14	Нерівномірне	Низька	Видалення 20—30 % рослин бур'яків автоматичними проріджувачами
	Нерівномірне	Висока	Застосування зубових борін або ручного коректування
	Рівномірне	Низька	Видалення 20—30 % рослин бур'яків автоматичними або механічними проріджувачами за схемою виріз 5 см, букет 15. Застосування зубових борін
	Рівномірне	Висока	Видалення 20—30 % рослин бур'яків механічними проріджувачами за схемою виріз 5 см, букет 15 або зубовими боронами
	Нерівномірне	Низька	Видалення 25–30 % рослин автоматичними або механічними проріджувачами за схемою 5+15; 5+10 см
	Нерівномірне	Висока	Застосування механічних проріджувачів за схемою 5+10 см; культиваторів за схемою 8,5 + 14 см
	Рівномірне	Низька	Видалення 35 – 50 % рослин автоматичними або механічними проріджувачами за схемою 10+10 см чи культиваторами – 8,5+9,5 см. Застосування зубових борін
	Рівномірне	Висока	Застосування механічних проріджувачів за схемами 10 + 10 і 5 + 5 см; культиваторів за схемами 8,5+9,5; 8,5+6,5 см і зубових борін

Перед початком роботи за допомогою верхньої тяги начіпного механізму трактора раму проріджувача встановлюють в строго горизонтальне положення. Вибравши певну довжину стяжок нижніх поздовжніх тяг начіпного механізму трактора, домагаються перпендикулярності рами проріджувача повздовжній осі трактора. Після цього починають технологічне регулювання. Спочатку досягають паралельності лез ножів відносно поверхні майданчика зміною довжини верхньої тяги підвіски секцій, причому однією тягою регулюють одночасно дві секції. Глибину ходу ножів встановлюють

зміною висоти кріплення стояків кареток кожної проріджувальної секції обертанням шестірні підіймального механізму.

Глибину ходу встановлюють в межах 1–3 см. Чим твердіший ґрунт, тим меншою повинна бути глибина ходу ножів. Датчик у вертикальній площині повинен перебувати на рівні, що не перевищує половини висоти рослин, але не менше 20 мм від поверхні регульовального майданчика. Для забезпечення оптимальної захисної зони контактна частина датчика при швидкості руху 3,2 км/год повинна знаходитись приблизно над краєм переднього ножа (рис. 2.3).

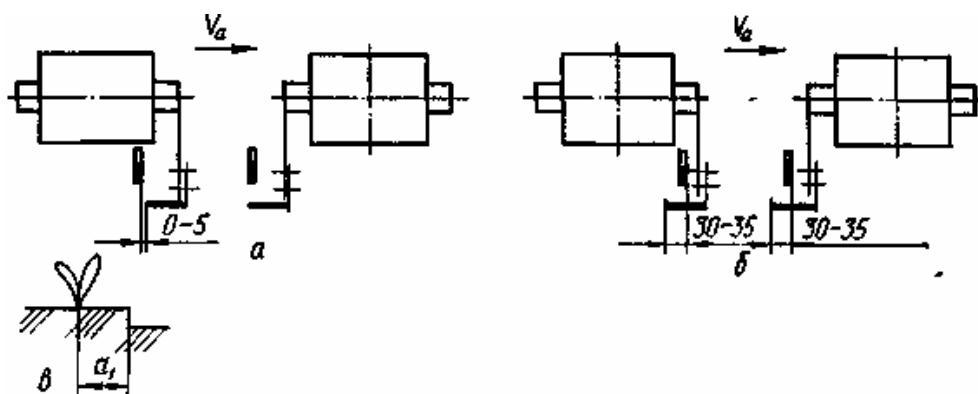


Рис. 2.2. Регулювання положення датчика відносно леза ножа при зміні швидкості руху машини:

а – $V_a=3,2$ км/год; б – $V_a=5,4$ км/год; в – величина захисної зони.

При швидкості руху 5,4 км/год датчик необхідно пересунути вперед на 30–35 мм. Щоб збільшити захисну зону, його зміщують назад, а для зменшення – навпаки. Проте слід пам'ятати, що чим менша захисна зона, тим більша кількість букетів буде з однією рослиною, але й збільшиться також при цьому ймовірність пошкодження рослин.

Щоб встановити величину вирізу і крок проріджування, визначають мінімальну величину вирізу за формулою (рис. 2.4) [4]:

$$B = \frac{100}{P_3} - a_1 - \frac{K}{\lambda} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де P_3 – необхідна кількість рослин на 1 м довжини рядка після проріджування;

a_1 — величина захисної зони (відстань від залишеної рослини до початку вирізу); k — коефіцієнт, що враховує рівномірність розміщення, норму висіву і польову схожість насіння;

λ — фактична середня початкова густина сходів, шт./м.

При висіві 10–25 насінин на 1 м довжини рядка з врахуванням існуючого рівня польової схожості 40–60 % та рівномірності розміщення рослин вздовж рядка коефіцієнт k можна прийняти рівним 0,75.

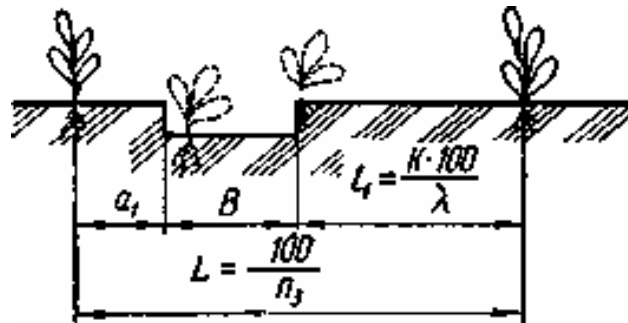


Рис. 2.3. Схема для визначення мінімальної величини вирізу

З підвищенням польової схожості він буде наближатись до 1. Значення a_1 вибирають таким, щоб не пошкоджувалось листя і не оголювалась коренева система залишених рослин, а також, щоб вони не присипалися землею. За даними експериментів, величина a_1 може дорівнювати 3 см. Сума всіх вирізів на 1 м довжини рядка дорівнює:

$$\sum B = \frac{\lambda - 6}{\lambda} \cdot 100, \quad (2.2)$$

де $\lambda - 6$ — кількість зайвих рослин, що видаляються з рядка.

Тоді кількість робочих вирізів, що повинен зробити ніж на 1 м довжини рядка, становитиме:

$$z = \frac{\sum B}{B} = \frac{(\lambda - 6) \cdot 100}{\lambda \cdot B}. \quad (2.3)$$

Таким чином, крок вирізу буде:

$$III = 100 : \frac{(\lambda - 6) \cdot 100}{\lambda \cdot B} = \frac{\lambda \cdot B}{\lambda - 6}. \quad (2.4)$$

Якщо проріджувач обладнують двома ножами, величина вирізу B (рис. 2.5) може знаходитись в межах від b_1 до $2b_1$, тобто $B_{\min} = b_1$, а $B_{\max} = 2b_1$ (b_1 – довжина ножа).

Беручи до уваги, що величина вирізу розподіляється за нормальним законом і користуючись правилом трьох сигм варіаційної статистики, запишемо:

$$B_{\max} = B_{CP} + 3\sigma, \quad (2.5)$$

де B_{CP} – середнє значення величини вирізу;

σ – середньоквадратичне відхилення середньої величини вирізу.

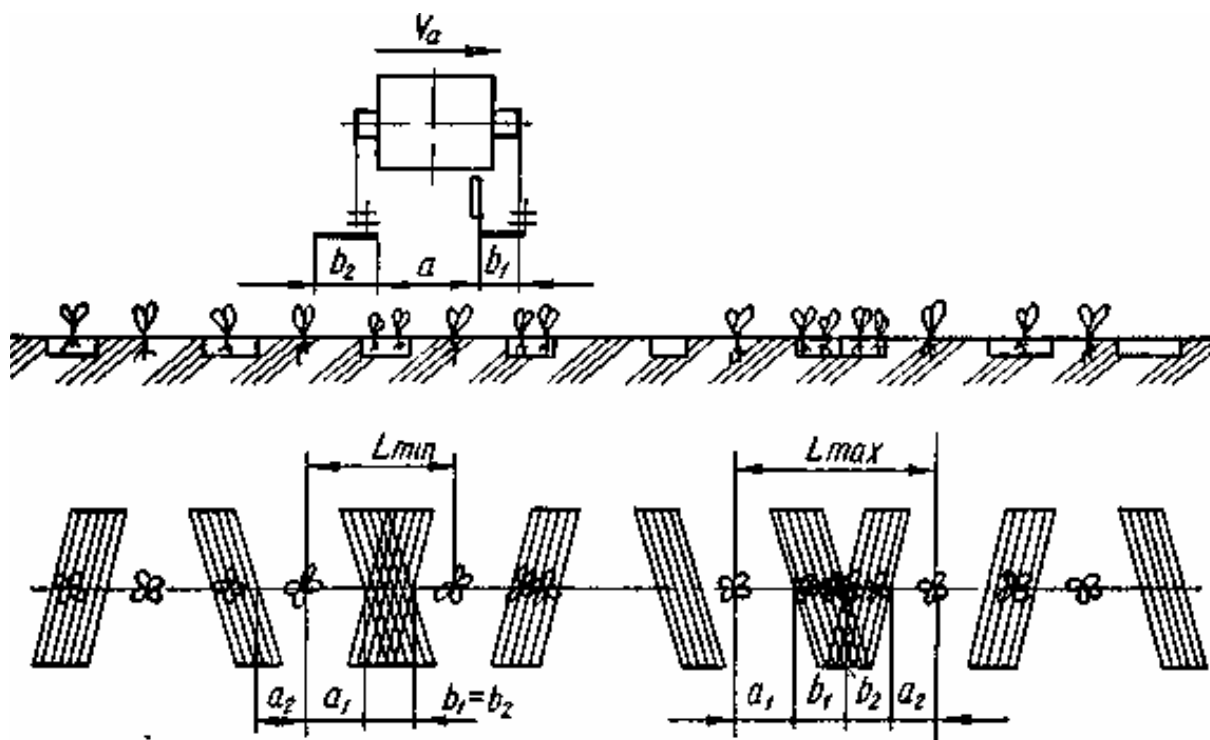


Рис. 2.4. Схема утворення інтервалу між рослинами цукрових буряків після проріджування при обладнанні проріджувача двома ножами

Із задовільною для розрахунків точністю можна визначити σ за такою формулою:

$$\sigma = \frac{2b_1 - b_1}{6} = \frac{b_1}{6}. \quad (2.6)$$

Тоді:

$$B_{CP} = 2b_1 - 3\sigma = 2b_1 - 0.5b_1 = 1.5b_1. \quad (2.7)$$

Таким чином, при обладнанні проріджувача двома ножами середня величина вирізу дорівнюватиме збільшеній у 1,5 раза довжині ножа. Враховуючи викладені теоретичні розрахунки і дані експериментальних досліджень, а також прийнявши необхідну кількість рослин після проріджування ($n=5$; 6 шт/м; $k=0,75$; $a_1 = 3$ см), довжину вирізу і крок проріджування залежно від початкової довжини густоти, схеми розстановки ножів і необхідної кількості рослин на 1 м рядка після проходу проріджувачів ПСА-2,7 можна вибирати за даними таблиці 2.2 [4].

Таблиця 2.2

Довжина вирізу і крок проріджування залежно від початкової довжини густоти, схеми розстановки ножів і необхідної кількості рослин на 1 м

Показники	Необхідна кількість рослин після проріджування, шт. на 1 м довжини рядка																		
	5						6												
Початкова густота сходів, шт./м	8	9	10	11	12	9	10	11	12	9	10	11	12						
<i>При встановленні переднього ножа</i>																			
Довжина вирізу, см	8	8	10	8	10	12	8	10	12	8	10	12	8	8	8	10	8	10	12
Крок проріджування, см	20	18	23	15	20	23	15	18	23	13	18	20	23	20	18	23	15	20	23
<i>При встановленні переднього і заднього рівновеликих ножів</i>																			
Довжина вирізу, см	–	–	12	12	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Довжина переднього і заднього ножів, см	–	–	8	8	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Крок проріджування, см	–	–	23	23	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Отже, якщо планують залишити на 1 м довжини рядка п'ять рослин, автоматичний проріджувач ПСА-2,7 можна обладнувати будь-яким із трьох ножів при початковій густоті 11–12 рослин на 1 м довжини рядка, ножами довжиною 80 або 100 мм, якщо на 1 м рядка припадає 9 – 10 рослин, і лише одним ножем довжиною 80 мм при 8 рослинах. Робота проріджувача ПСА-2,7 з двома ножами на секції допускається тоді, коли початкова густота сходів становить 11–12 рослин на 1 м довжини рядка і при довжині ножів не більше 80 мм. Якщо планують одержати після проріджування 6 рослин буряків на 1 м рядка, застосування проріджувача, робочі секції якого обладнані ножами,

недопустиме. Залежно від рівномірності густоти сходів у проріджувачах передбачене ручне або автоматичне коригування заданого інтервалу (кроку) між рослинами. Якщо посів рівномірний, застосовують ручне коригування, при нерівномірному розміщенні сходів по довжині рядка – автоматичне.

У першому випадку величина кроку не повинна бути кратною інтервалу між насінням. Наприклад, якщо заданий інтервал між насінням дорівнює 7 см, то крок повинен бути вибраний між 14 і 21 або між 21 і 23 см. При цьому можна застосовувати одну з комбінацій розстановки ножів (рис. 2.6).

При автоматичному кроці (АРШ) електронна система сама коригує крок проріджування залежно від кількості залишених рослин так, щоб у середньому на 1 м довжини рядка залишалось близько 5 рослин. Оскільки при цьому автоматично змінюється і довжина вирізу, то з АРШ можна працювати двома ножами довжиною 80 мм. При цьому важіль перемикача кроку необхідно встановити в положення 20 см.

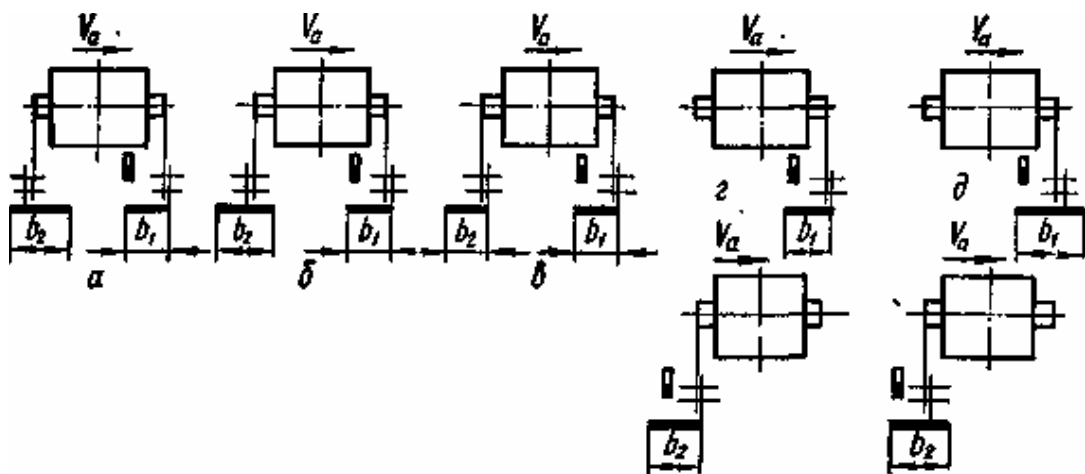


Рис. 2.5. Варіанти встановлення ножів на проріджувачі ПСА-2.7

Автоматичні проріджувачі ПСА-2,7 використовують, у більшості випадків, з ручним коригуванням кроку проріджування. За умов вологого ґрунту і наявності роси на листках рослин слід працювати тільки із заднім ножом вибраної довжини, а лівий і правий датчики необхідно поміняти місцями на напрямних, виконавши їх відповідне перемикання. Якщо проріджувач обладнати 2 ножами, датчик швидко забруднюється вологим

грунтом, що погіршує його ізоляцію від корпусу машини і призводить до блокування системи відшукування рослин (припинення роботи ножів). Така ж схема встановлення ножів і датчика може бути застосована на проріджуванні сходів у фазі 4–5 пар справжніх листків. При кількості рослин після проріджування, нижчій за необхідну, що трапляється при дуже нерівномірному розподілі сходів, проріджувач треба переобладнати на схему, що відповідає густоті, дещо меншій від тієї, яка одержана при оцінці поля.

До проріджувача додається комплект змінних ножів для отримання вирізів довжиною 80, 100, 120, 140 мм, а букетів - довжиною 35, 55, 75, 95 мм.

2.2. Кінематичний і силовий аналіз технологічного процесу проріджування сходів цукрового буряка

2.2.1. Обґрунтування кінематичних параметрів проріджувача сходів цукрового буряка ПСА-2.7

Активні ротаційні робочі органи здійснюють складний рух: поступальний (переносний) разом із машиною і обертовий (відносний) відносно неї. Обертовий рух цих робочих органів виникає внаслідок надання їм обертового моменту від вала відбору потужності трактора, силового гідродвигуна чи приводних коліс машини. Це дозволяє регулювати притік енергії до робочих органів і концентрувати його в більшій або меншій мірі в обмеженому об'ємі ґрунту, який обробляється [7].

До числа машин, обладнаних ротаційними робочими органами, відносяться: ротаційні плуги, фрези, проріджувачі, штангові культиватори та інші. Найбільше поширення мають ґрунтообробні фрези і проріджувачі.

Проріджувачі вирізують рослини поздовж рядка через рівні інтервали. Для повного підрізання рослин глибина розрідження повинна бути 2 – 3 см.

Робочий орган проріджувача складається з гідродвигуна, на якому закріплені передній Г-подібний та задній Т-подібний ножі. Ножі обертаються в площині, що перпендикулярна напрямку руху агрегату.

Для визначення закону руху ножа проріджувача вибрана нерухома система координат, причому вісь Ox направлена за напрямком руху агрегату, вісь Oy горизонтальна, а вісь Oz направлена вертикально ввєрх (рис. 2.7). Тоді рівняння руху периферійних точок леза ножа проріджувача можна записати у такому вигляді [7, 22]:

$$x = vt; \quad y = R \cos \omega t; \quad z = -R \sin \omega t \quad (2.8)$$

Вводячи заміну:

$$R\omega = u; \quad \omega t = \varphi; \quad u/v = \lambda, \quad (2.9)$$

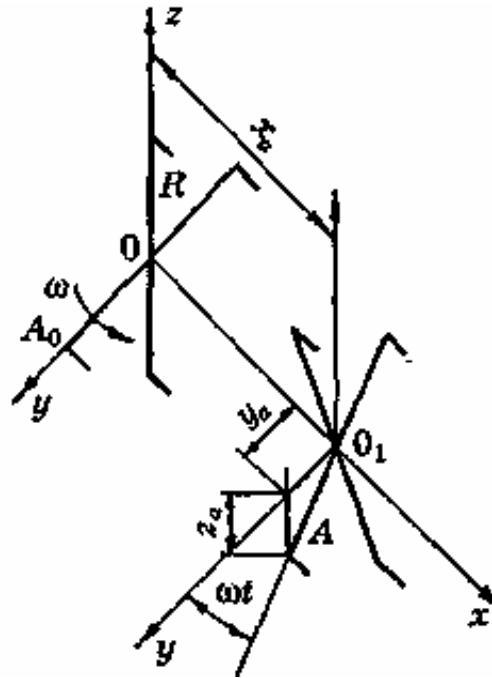


Рис. 2.6. Схема до визначення рівнянь руху точок ножа проріджувача

рівняння (2.8) можна записати так:

$$x = \varphi R \lambda^{-1}; \quad y = R \cos \varphi; \quad z = -R \sin \varphi, \quad (2.10)$$

де v – поступальна швидкість агрегату;

R – відстань від осі обертання диска до леза ножа;

ω – колова частота обертання диска проріджувача;

φ – кут повороту диска проріджувача;

λ – показник кінематичного режиму.

Рівняннями (2.10) описується траєкторія руху ножа проріджувача, що являє собою гвинтову лінію, крок якої тим більший, чим менший показник λ .

У нижній частині ходу ніж лезом входить у ґрунт і вирізає деяку частину рослин, за рахунок чого і відбувається розріджування їх у рядку (рис. 2.7).

Процес проріджування зводиться до того, що ніж, обертаючись у площині, перпендикулярній напрямку руху, вирізає рослини з деякої довжини рядка S_H , що дорівнює ширині ножа проріджувача. Ділянки, що вирізаються двома сусідніми ножами, зсунуті одна відносно іншої на величину подачі S_Z . Тоді на довжині S_B «букет» рослин залишається не зрізаним:

$$S_B = S_Z - S_H. \quad (2.11)$$

Кінцевий результат проріджування характеризується коефіцієнтом ε , який являє собою відношення числа рослин, що залишені на метрі довжини рядка після проріджування, до їхнього числа до обробітку. Такий коефіцієнт для одноразового проріджування знаходять із виразу [4]:

$$\varepsilon_1 = S_B / S_Z. \quad (2.12)$$

У формулах (2.11) і (2.12) подача проріджувача визначається за формулою

$$S_Z = 2\pi R / \lambda z, \quad (2.13)$$

де z – кількість ножів, які розміщені на одному гідродвигуні проріджувача.

З урахуванням (2.11) і (2.13) формулу (2.12) можна записати так:

$$\varepsilon_1 = 1 - \frac{\lambda z S_H}{2\pi R}. \quad (2.14)$$

Тоді вираз для визначення показника кінематичного режиму на основі формули (2.14) буде мати такий вигляд:

$$\lambda = \frac{2\pi R(1 - \varepsilon_1)}{z S_H}. \quad (2.15)$$

Для визначення числового значення λ необхідно задати густину рослин на одиниці довжини рядка. Густину рослин визначають за методикою описаною у пункті 2.1.2.

Потім, за відношенням допустимої кількості рослин на 1 м до середньоарифметичної їх кількості до проріджування, визначають величину коефіцієнта ε_1 .

За знайденим значенням ε_1 , вибраній кількості ножів z і довжині S_H , яку приймають такою, що дорівнює довжині леза ножа, визначають за формулою (2.15) показник кінематичного режиму λ .

При порівняно великій густині рослин проріджування проводять у два проходи. Друге проріджування проводять через 2–3 дні після першого. Доцільно, щоб агрегат при цьому рухався назустріч першому проходу.

Загальний ефект проріджування залежить від першого і другого проріджувань і визначається загальною ймовірністю підрізання рослин, яка являє собою добуток ймовірностей першого і другого проріджувань. Отже, для дворазового проріджування відношення ε_2 кінцевої кількості рослин до початкової дорівнює [7]:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_1', \quad (2.16)$$

де ε_1' – коефіцієнт, який дорівнює відношенню кількості рослин, що залишилися після другого проріджування, до кількості їх на 1 м після першого проріджування.

Цей коефіцієнт, за аналогією з (2.14), можна визначити з рівняння:

$$\varepsilon_1' = 1 - \frac{\lambda' z' S_H'}{2\pi R}, \quad (2.17)$$

де λ' , z' , S_H' – відповідно показник кінематичного режиму роботи, кількість ножів і довжина леза ножа при другому проріджуванні.

З урахуванням (2.17) вираз (2.16) можна записати так:

$$\varepsilon_2 = \left(1 - \frac{\lambda z S_H}{2\pi R}\right) \cdot \left(1 - \frac{\lambda' z' S_H'}{2\pi R}\right). \quad (2.18)$$

За формулою (2.18), задаючись значеннями z , S_H , z' , S_H' визначають доцільні показники режиму роботи λ і λ' при першому і другому проріджуванні. Необхідно відмітити, що із збільшенням швидкостей руху агрегату зростає число пригорнутих і загорнутих рослин. Тому показники режиму роботи λ і λ' необхідно вибирати із урахуванням загортання сходів. Загортання рослин пов'язано із властивостями ґрунту. На розпушеному ґрунті воно спостерігається на менших швидкостях агрегату, ніж на ущільненому.

Взявши похідні за часом від (2.8), одержимо складові швидкості руху периферійної точки леза ножа проріджувача у такому вигляді:

$$x = \vartheta^* ; y = -R\omega \sin \omega t ; z = -R\omega \cos \omega t \quad (2.19)$$

Тоді результативну абсолютну швидкість руху периферійної точки ножа можна визначити за формулою:

$$\vartheta_a = \sqrt{x^{*2} + y^{*2} + z^{*2}} = \sqrt{\vartheta^2 + \omega^2 R^2} = \vartheta \sqrt{1 + \lambda^2} . \quad (2.20)$$

Вектор швидкості v_a в горизонтальній площині Oxy для випадку, коли периферійна точка леза ножа знаходиться в нижньому крайньому положенні і радіус R займає вертикальне положення, нахилена до осі Ox , що співпадає з напрямком руху проріджувача, під кутом γ , величину якого визначають за формулою:

$$\gamma = \arctg \lambda . \quad (2.21)$$

З формули (2.21) можна бачити, що при поступальній швидкості агрегату v кут γ можна збільшити шляхом збільшення колової швидкості периферійної точки ножа розріджувача u . Для випадку, коли показник кінематичного режиму, наприклад, дорівнює одиниці, цей кут дорівнює $\gamma = 45^\circ$.

Взявши похідну за часом від (2.19), одержимо вираз для складових прискорення руху периферійної точки ножа у такому вигляді:

$$x = d\vartheta/dt ; y = -R\omega^2 \cos \omega t ; z = R\omega^2 \sin \omega t . \quad (2.22)$$

Вираз для визначення результативного абсолютного прискорення периферійної точки леза ножа проріджувача при сталій поступальній швидкості агрегату $v = const$ буде мати такий вигляд

$$\omega_a = \sqrt{x+ y+ z} = \omega^2 R. \quad (2.23)$$

Таким чином, при сталій кутовій швидкості обертання ножа проріджувача $\omega = const$ і сталій поступальній швидкості агрегату $v = const$, значення абсолютного прискорення периферійної точки леза ножа дорівнює значенню її відцентрового прискорення (2.23).

Для визначення оптимального співвідношення поступальної та колової швидкості руху ножа, необхідно провести силовий аналіз технологічного процесу різання ножем проріджувача.

2.2.2. Силовий аналіз режиму різання лезом ножа проріджувача

Технологічний процес різання лезом є одним з найбільш розповсюджених технологічних процесів. Він лежить в основі роботи ножів, плоскоріжучих лап, лемешів плужних корпусів тощо.

В залежності від величини кута ξ між напрямком вектора швидкості леза ножа і вектором нормальної складової сили до його поверхні, а також від фрикційних властивостей матеріалу, що розрізається, який характеризується кутом тертя φ , розрізняють три режими різання лезом ножа (рис. 2.8) [7].

Різання рубанням відбувається у тому випадку, коли напрямок вектора швидкості різального інструмента співпадає з напрямком нормалі до його леза; $\xi = 0$ (рис. 2.8, а). Цей випадок різання в ґрунтообробних знаряддях використовується обмежено. При різанні рубанням лезо різального інструмента тисне на ґрунтовий агрегат за нормаллю, він переміщується у ґрунтовому середовищі під дією цієї сили до його руйнування.

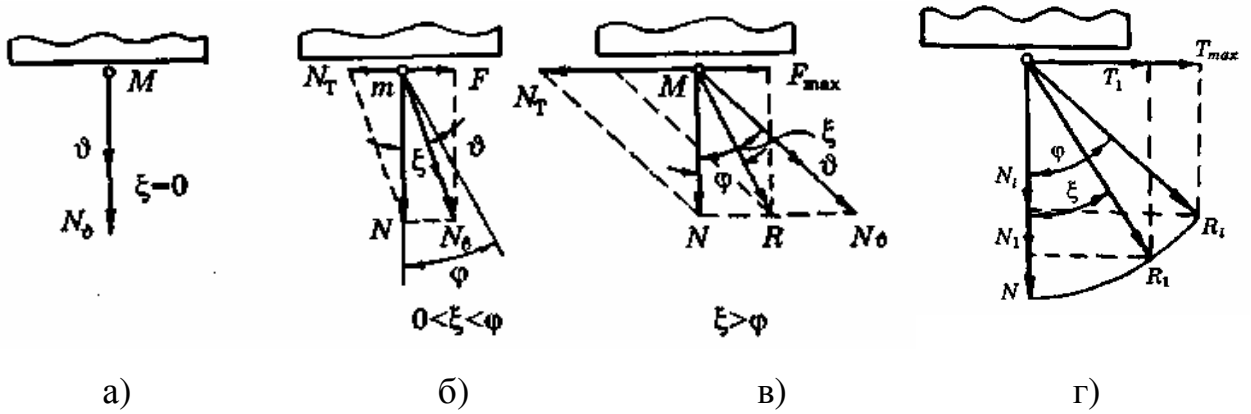


Рис. 2.7. Режими різання лезом:

- а – різання рубанням; б – різання з поздовжнім переміщенням без ковзання;
 в – різання з ковзанням; г – зміна сили опору при різанні з ковзанням.

Різання з поздовжнім переміщенням, але без ковзання по лезу матеріалу, що обробляється, характеризується таким співвідношенням між кутами ξ і φ : $0 < \xi < \varphi$ (рис. 2.8, б). Розкладемо силу нормального тиску на дві складові: за напрямком вектора швидкості різального інструменту $N\vartheta$ і по дотичній до його леза N_T . Оскільки $\xi < \varphi$, то справедлива рівність:

$$N_T = F, \quad (2.24)$$

яку з урахуванням кута ξ можна переписати так:

$$N \operatorname{tg} \xi = F. \quad (2.25)$$

Сила опору F ковзанню ґрунтового агрегату повздовж леза різального інструменту по величині дорівнює силі N_T і направлена в протилежному напрямку від неї. Отже, дотична рухаюча сила N_T не в змозі зсунути ґрунтовий агрегат m по відношенню до леза різального інструмента, оскільки вона менша за величиною максимальної сили опору:

$$N_T = N \operatorname{tg} \xi < F_{\max}, \quad (2.26)$$

де F_{\max} – сила тертя силового агрегату m вздовж леза різального інструмента:

$$F_{\max} = N \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.27)$$

Як видно з рис. 2.8, б сила $N\vartheta$ розміщена в середині конуса тертя з кутом 2φ при вершині і не може зсунути різальний інструмент по відношенню

до ґрунтового агрегату m . Таким чином, сила N_T урівноважується силою F і ґрунтовий агрегат m переміщується разом із різальним інструментом під дією сили Nv за напрямком її дії до тих пір, доки не зруйнується.

Різання із ковзанням характеризується таким співвідношенням між кутами ξ і φ : $\xi \geq \varphi$. Цей режим різання характерний тим, що із зростанням рухаючої сили N_T сила опору сягає свого максимального значення F_{\max} , після чого вона не в змозі вдержати ґрунтовий агрегат m по відношенню до різального інструмента і відбувається ковзання різального інструменту відносно ґрунтового агрегату. На рис. 2.8, в показаний випадок, коли сила Nv розміщена зовні конуса тертя і справедливе співвідношення сил

$$N_T > F_{\max}, \quad (2.28)$$

яке характерне тим, що сила тертя хоч і досягає свого максимального значення $F_{\max} = N \operatorname{tg} \varphi$, але вона не в змозі зрівноважити складову нормального тиску N_T , яка виступає тут у ролі рушійної сили, і тому відбувається ковзання ґрунтового агрегату m позовж леза різального інструмента під дією сили $N_T - F_{\max}$. Таким чином, на ґрунтовий агрегат m діють сили Nv і $N_T - F_{\max}$ або N і F_{\max} . Рівнодіюча цих сил R направлена під кутом φ до вектора нормальної сили N . Тому ґрунтовий агрегат m буде переміщуватися під дією сили R в напрямку її дії до тих пір, доки ущільнення ґрунту не приведе до того, що питомий на нього тиск досягне меж міцності, і він зруйнується.

Розглянемо схематично зміну сил опору при різанні з ковзанням (рис. 2.8, г). При різанні рубанням необхідно, щоб нормальний тиск N_0 створював у матеріалі, що перерізається, напруження зминання, яке дорівнює межі його міцності. Для цього випадку справедливі залежності:

$$R = N_0, \quad T = 0, \quad (2.29)$$

де R – результативна сила опору різанню;

T – дотична складова результативної сили опору різанню (рис. 2.8).

Якщо потім напрямок переміщення ножа відхилити від напрямку нормалі до леза на деякий кут $\xi < \varphi$, то для руйнування матеріалу буде

потрібна деяка сила R_l , значення якої буде також визначатись межею міцності матеріалу на зминання.

Силу R_l , можна розкласти на дві складові N_l , і T_l . Збільшуючи кут між напрямком переміщення леза і нормаллю в межах $0 < \xi < \varphi$, можна одержати ряд значень сил опору N_l . Як видно на рис. 2.8, г, із зростанням кута ξ величина сили N_l буде зменшуватися, а сила T_l – збільшуватися. Практика показує, що результативна сила опору R_l також зменшується, але незначно. Хоч значення сили R_l у діапазоні кутів $0 < \xi < \varphi$ як і раніше визначаються границею міцності, але з наближенням кута ξ до значення кута тертя φ у товщі матеріалу, який розрізається, з'являються тенденції до деформації зсуву його часток (волокон). Цим і визначається деяке зменшення результативної сили опору на ділянці $0 < \xi < \varphi$.

При досягненні кутом ξ значення кута тертя φ дотична сила T досягає свого максимального значення, яке дорівнює силі тертя $T_{\max} = F_{\max} = N \operatorname{tg} \varphi$. Тому при різанні із ковзанням, тобто при співвідношенні кутів $\xi > \varphi$, напрямок рівнодіючої R уже не змінюється, а незалежно від коефіцієнта ковзання залишається сталим, тобто відхиленим від нормалі на кут тертя φ .

При різанні із ковзанням із збільшенням кута ξ необхідний для різання нормальний тиск N інтенсивно падає. Дотична сила T , яка прямо пропорційна силі N також буде зменшуватися. Оскільки в більшості випадків $\operatorname{tg} \varphi < 1$, то крива $T = f_2(\xi)$ пройде нижче кривої $N = f_1(\xi)$. При $\xi = \pi/2$ сили N , T і R прагнуть до нуля і процес різання завершується.

Отже, можна зробити висновок, що найбільш ефективно технологічний процес проріджування сходів цукрового буряка (а також і прополювання бур'яну) буде виконуватись при реалізації процесу різання із ковзанням.

При побудові технологічної схеми роботи ножа (виконання технологічного процесу різання) необхідно виходити з абсолютної швидкості v_a руху ножа в ґрунті (рис. 2.9, див. також лист ДП 11-081.04.36). Величина цієї швидкості повинна бути достатньою для підрізування рослин і ґрунту в рядку, але не повинна перевищувати значення, при якому відкидувані

частинки ґрунту можуть пошкоджувати рослини. Оптимальне значення швидкості v_a знаходиться в межах 2–5,5 м/с [19].

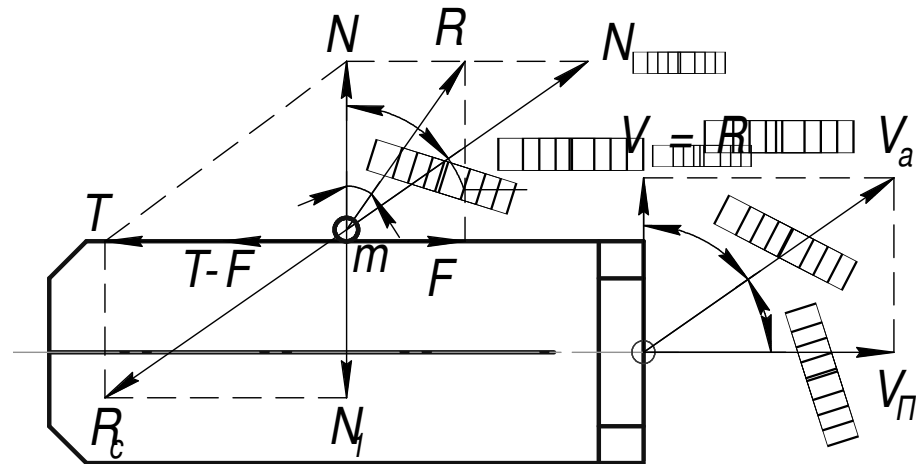


Рис. 2.8. Схема дії сил опору ґрунтового агрегату на Г-подібний ніж

При переміщенні ножа проріджувача в ґрунті в напрямку абсолютної швидкості v_a , він своїм лезом тисне силою N_v на стеблину паростка буряка, а стеблина та ґрунт (ґрунтовий агрегат) тиснуть на лезо із силою R_c , яка за величиною рівна силі N_v , але має протилежний напрямок (рис. 2.9). Розкладемо силу R_c на нормальну N_1 та дотичну T складові. При розгляданні стеблини або кореня паростка буряка сила T буде рушійною силою, яка намагається перемістити паросток по лезу ножа, а сила F буде в даному випадку силою опору. При переміщенні стеблини буряка по лезу сила тертя відхиляє реакцію N на кут тертя φ .

Переміщення стеблини паростка буряка по лезу ножа проріджувача відбувається внаслідок того, що сила тертя, набувши свого максимального значення $F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi$, не в змозі зрівноважити дотичну складову тиску T . Тому спостерігається ковзання стеблини паростка буряка вздовж леза під дією сили $T - F$. Результуючою їх буде сила R , яка нахилена під кутом тертя φ до сили нормального тиску в бік, протилежний руху паростка буряка по лезу ножа.

Виходячи із кінематичного і силового аналізу технологічного процесу проріджування сходів цукрового буряка, можна сформулювати граничні умови для вибору оптимальної швидкості виконання процесу проріджування:

1. для забезпечення максимальної продуктивності, поступальна швидкість проріджувача повинна бути максимальною: $V_{II} \rightarrow V_{II\max}$ (впливає із кінематичного аналізу);
2. абсолютна швидкість v_a руху ножа в ґрунті повинна бути достатньою для підрізування рослин і ґрунту, але не повинна перевищувати значення, при якому відкидувані частинки ґрунту можуть пошкоджувати рослини: $v_a \leq 5.5 \text{ м/с}$ [19];
3. кут ξ між нормаллю до леза ножа та вектором абсолютної швидкості руху ножа повинен бути більшим кута тертя φ ґрунтового агрегату по лезу ножа: $\xi \geq \varphi$ (впливає із силового аналізу).

Визначимо оптимальні швидкості руху ножа проріджувача застосовуючи графо-аналітичний метод.

На основі граничної умови (2) та залежності (2.20), перетворюючи її відносно поступальної швидкості руху ножа v_{II} та підставляючи значення $v_a \leq 5.5 \text{ м/с}$, можна записати:

$$v_{II1} = \sqrt{5.5^2 - \omega^2 R^2}, \quad (2.30)$$

де ω – колова швидкість руху крайньої точки ножа, 1/м;

R – радіус кола, описаного крайньою точкою ножа, м ($R=300\text{мм}$, див. листи ДП 11-081.04.36 та ДП 11-081.04.44).

Згідно третьої граничної умови та рис. 2.9. можна також записати вираз:

$$v_{II2} = \omega R \cdot \text{tg} \xi, \quad \xi \geq \varphi, \quad (2.31)$$

де кут тертя φ можна визначити із наступних міркувань.

Відомо, що коефіцієнт тертя f пов'язаний із кутом тертя залежністю:

$$f = \text{tg} \varphi. \quad (2.32)$$

Оскільки для технологічного процесу проріджування сходів цукрового буряка $f=0.7$ (за даними [7]), то кут тертя буде:

$$\varphi = \text{arctg}(0.7) \approx 35^\circ.$$

Розв'язуючи сумісно систему рівнянь (2.30) та (2.31) можна визначити діапазон оптимальних значень поступальної швидкості v_{II} проріджувача.

Графічно цей розв'язок представлено на рис. 2.10 (див. додаток А).

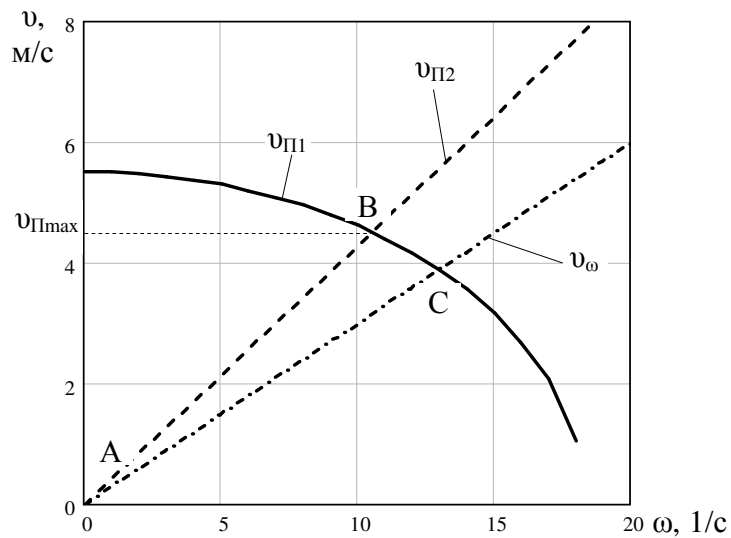


Рис. 2.9. Розрахунок оптимальної поступальної швидкості проріджувача

Оптимальне значення поступальної швидкості v_{Π} проріджувача знаходиться в межах трикутника ABC. Оскільки, згідно першої граничної умови, максимальна продуктивність проріджувача буде при його максимальній поступальній швидкості (при незмінних інших параметрах), то, відповідно, максимальною оптимальною швидкістю проріджувача буде поступальна швидкість, яка відповідає точці B на рис. 2.10.

З розрахунку випливає, що оптимальними будуть наступні значення кінематичних параметрів:

- поступальна швидкість – $v_{\Pi}=4,6$ м/с;
- колова швидкість ножа - $v_{\omega}=3$ м/с (при частоті обертання $\omega \approx 10$ об/хв);
- абсолютна швидкість ножа – $v_a=5,5$ м/с;
- показник кінематичного режиму $\lambda=1,53$;
- кут між нормаллю до леза ножа та вектором абсолютної швидкості руху ножа $\xi=56,75^\circ > \varphi=35^\circ$.

2.2.3. Розрахунок зусиль, що діють на елементи проріджувача

Для розрахунку зусиль, що діють в елементах проріджувальної секції, необхідно визначити реакції з боку ґрунту на ножі та колеса секції при виконанні технологічного процесу проріджування сходів буряка.

Для визначення зусилля, яке виникає при переміщенні ножа в ґрунті (елементарна сила опору ґрунту), скористаємось формулою [21]:

$$R_c = k \cdot a, \quad (2.33)$$

де k – розрахунковий питомий опір на 1 см глибини занурення ножа в ґрунт. За експериментальними даними В.С. Жегалова $k=50$ Н/см; a – глибина занурення ножа в ґрунт, см. Максимальне занурення ножа в ґрунт при його вертикальному положенні становить $a=3$ см.

$$R = 50 \cdot 3 = 150 \text{ Н}.$$

Для визначення напрямку дії елементарної сили опору ґрунту розглянемо розрахункову схему переміщення ножа у горизонтальному напрямку (рис. 2.11).

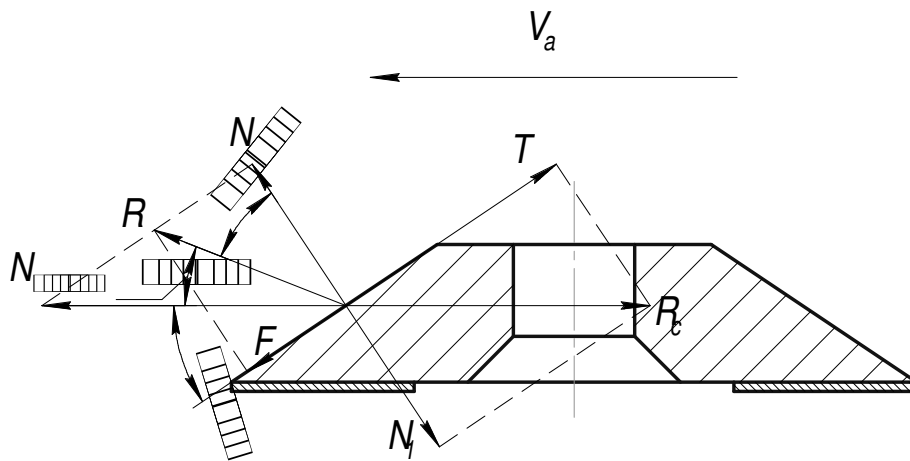


Рис. 2.10. Розрахункова схема дії зусиль на ніж у вертикальній площині

При реалізації процесу різання ковзанням, кут δ нахилу елементарної сили опору ґрунту до горизонту визначатиметься залежністю:

$$\delta = 90 - \alpha - \varphi, \quad (2.34)$$

де α – кут заточування ножа, град.

Для Г-подібного ножа (при $\alpha=21^\circ$, див. лист ДРМ 21-342.04.36):

$$\delta = 90 - 21 - 35 = 34^\circ.$$

Для Т-подібного ножа (при $\alpha=33^\circ$, див. лист ДРМ 21-342.04.09):

$$\delta = 90 - 33 - 35 = 22^\circ.$$

Розглянемо зусилля, які діють на елементи проріджуючої секції в стані рівноваги (рис. 2.11).

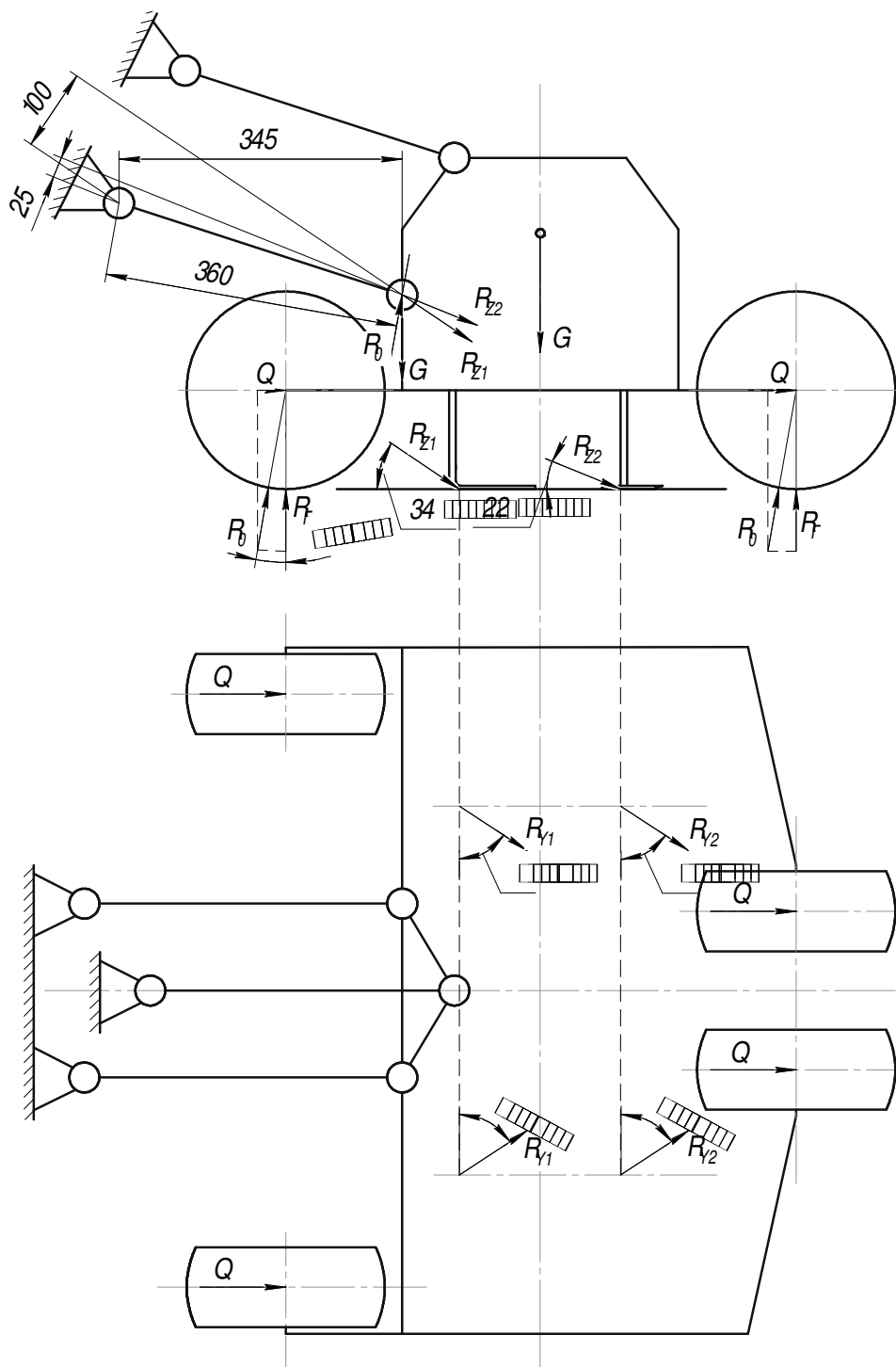


Рис. 2.11. Розрахункова схема для визначення зусиль у елементах автоматичного проріджувача ПСА-2.7

Визначаємо вертикальні (Z) та горизонтальні (Y) проекції елементарної сили опору ґрунту на Г-подібному (індекс 1) та Т-подібному (індекс 2) ножах:

$$R_{Y1} = R \cos(34^\circ) = 150 \cos(34^\circ) = 124.4 \text{ Н};$$

$$R_{Y2} = R \cos(22^\circ) = 150 \cos(22^\circ) = 139.1 \text{ Н};$$

$$R_{Z1} = R_{Z2} = R \sin(\xi) = 150 \sin(56.75^\circ) = 125.4 \text{ Н}.$$

Рівновага робочої секції проріджувача забезпечуватиметься за умови:

$$4R_0 \cdot 360 = G_{сек} \cdot 345 + 2R_{Z1} \cdot 100 + 2R_{Z2} \cdot 25. \quad (2.35)$$

де $G_{сек}$ – вага проріджуючої секції, Н. $G_{сек} = 200 \text{ кг} \approx 2000 \text{ Н}$.

З рівняння рівноваги проріджуючої секції визначимо реакцію на опорному колесі секції:

$$R_0 = \frac{G_{сек} \cdot 345 + 2R_{Z1} \cdot 100 + 2R_{Z2} \cdot 25}{4 \cdot 360} = 500.95 \text{ Н}.$$

Визначимо горизонтальну складову реакції опорного колеса секції:

$$Q = R_0 \sin(\beta) = 500.95 \sin(15^\circ) \approx 130 \text{ Н},$$

де $\beta = 10 \dots 15^\circ$ - кут відхилення реакції ґрунту при перекочуванні колеса.

Визначимо силу, необхідну для переміщення проріджуючої секції, проектуючи на вісь X складові сил опору на колесах та ножах:

$$P_x = 4Q + 2R_{Y1} \sin(\xi) + 2R_{Y2} \sin(\xi), \quad (2.36)$$

$$P_x = 4 \cdot 130 + 2 \cdot 124.4 \cdot \sin(56.75^\circ) + 2 \cdot 139.1 \cdot \sin(56.75^\circ) \approx 960 \text{ Н}.$$

2.3. Розрахунок на міцність елементів робочої секції проріджувача

2.3.1. Розрахунок на міцність ланки паралелограмної підвіски

Розрізняють дві системи кріплення робочих органів до рам культиваторів – жорстку та шарнірну. При шарнірній системі робочі органи з рамою з'єднані рухомо і кожний робочий орган (або їх група) переміщається у вертикальній

площині відносно рами. Таке переміщення дає можливість робочим органам копіювати рельєф поля та забезпечувати більш рівномірну глибину обробітку.

Розрізняють одношарнірну (радіальну) індивідуально-повідкову та секційну і багато шарнірну (паралелограмну) системи з'єднання робочих органів з рамою [18].

Паралелограмна система кріплення – це система, при якій секція з робочими органами та опорними колесами кріпиться до бруса рами паралелограмним механізмом. Ця система забезпечує найкращу рівномірність глибини обробітку. До її недоліків можна віднести те, що вона складніша від одношарнірної.

Верхня регульована тяга паралелограмної підвіски виконана у вигляді різьбового з'єднання, що дозволяє встановлювати проріджуючу секцію у горизонтальне положення.

Різьбові стержні паралелограмної підвіски виготовляються нормальної точності із сталі Ст 3. Вони встановлені із попереднім затягуванням. При виконанні технологічного процесу проріджування можливе ще більше затягування стержнів.

Вважаємо, що верхня та нижня тяги паралелограмної підвіски рівномірно сприймають навантаження від переміщення проріджуючої секції. Зовнішнє навантаження, яке припадає на одну тягу, буде рівне половині сили, необхідної для переміщення проріджуючої секції, яка визначається за формулою (2.36).

Визначимо осьову силу, яка розтягує різьбовий елемент, тобто силу, що діє на стержень після додаткового затягування зовнішньою силою [2]:

$$F_a = (K_B(1-\chi) + \chi) \cdot \frac{P_x}{2}, \quad (2.37)$$

де K_B - коефіцієнт затягування різьбового елемента, $K_B=3$ [2];

χ - коефіцієнт зовнішнього навантаження, $\chi=0,5$ [2].

$$F_a = (3 \cdot (1 - 0,5) + 0,5) \cdot \frac{960}{2} = 960 \text{ Н.}$$

Визначаємо допустиме напруження на розтяг матеріалу болта за формулою [2]:

$$[\sigma_p] = \sigma_T / [s], \quad (2.38)$$

де σ_T - межа текучості, для сталі Ст.3 $\sigma_T = 220$ МПа;

$[s]$ - коефіцієнт запасу міцності, $[s] = 4$ [2], тоді

$$[\sigma_p] = 220/4 = 55 \text{ МПа.}$$

Внутрішній діаметр різьбового стержня визначимо за формулою [2]:

$$d_1 = 1,31 \cdot \sqrt{F_a / [\sigma_p]}. \quad (2.39)$$

Підставивши у формулу (2.39) числові дані, отримаємо:

$$d_1 = 1,31 \cdot \sqrt{960 / (55 \cdot 10^6)} = 0,00547 \text{ м.}$$

По СТ СЄВ 181-76 приймемо різьбовий стержень з різьбою М8, внутрішній діаметр якого $d_1 = 6,466$ мм.

2.3.2. Розрахунок на міцність кріплення переднього кронштейна паралелограмної підвіски

Розрахункова схема для визначення зусиль у кріпленні переднього кронштейна, який забезпечує приєднання робочої секції до бруса основної рами проріджувача, показана на рис. 2.13.

Нехтуючи контактними напруженнями, що виникають по периметру квадратного бруса рами машини ПСА-2.7, стан рівноваги кріплення переднього кронштейна паралелограмної підвіски робочої секції проріджувача можна записати наступним рівнянням:

$$2P_6 \cdot 40 = \frac{P_x}{2} \cdot 165 + \frac{P_x}{2} \cdot 45,$$

звідки:

$$P_6 = \frac{\frac{P_x}{2} \cdot (165 + 45)}{2 \cdot 40} = \frac{\frac{960}{2} \cdot (165 + 45)}{2 \cdot 40} = 1,26 \text{ кН.}$$

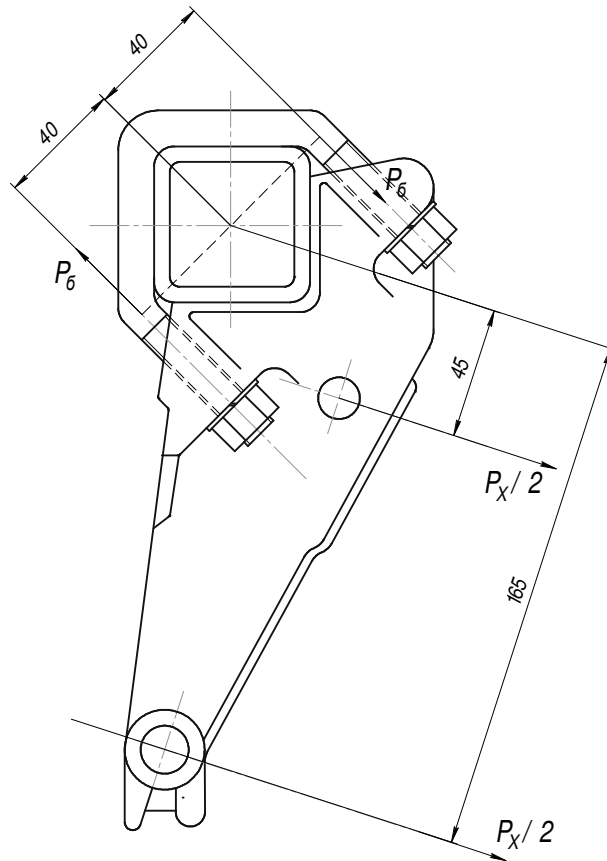


Рис. 2.12. Розрахункова схема для визначення зусиль у кріпленні переднього кронштейна проріджуючої секції

За формулою (2.39) визначаємо необхідний діаметр болтів:

$$d_{\sigma} = 1,31 \cdot \sqrt{1,26 \cdot 10^3 / (55 \cdot 10^6)} = 0,00627 \text{ мм.}$$

По СТ СЄВ 181-76 прийемо різьбовий стержень з різьбою М8, внутрішній діаметр якого $d_1 = 6,466 \text{ мм}$.

2.3.3. Розрахунок опорних коліс проріджуючої секції

На робочих секціях проріджувача встановлюють опорні колеса з пневматичними шинами (діаметр колеса 230 мм, ширина - 100 мм), на які навантаження діє тільки під час виконання технологічного процесу проріджування сходів цукрового буряка.

Перевагою пневматичних коліс у порівнянні з металевими колесами є менший опір коченню, і на відміну від інших коліс, вони не так сильно подрібнюють ґрунт на пилоподібні фракції.

Оскільки конструкція проріджувальної секції змінилась, то необхідно перевірити, чи підходить колесо застосовуваного діаметру до робочої секції нової конструкції.

Необхідний діаметр колеса для проріджуючої секції нової конструкції можна розрахувати із формули Грандвуане-Горячкіна, яка визначає опір перекошування колеса (необхідну штовхаючу силу) [7]:

$$Q = 0.863 \sqrt{\frac{G^4}{qbd^2}}, \quad (2.40)$$

де G – частина ваги агрегату, яка припадає на одне колесо, Н;

q – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, $q=2,0-4,0$ Н/см³ [20];

$b=100$ мм – ширина колеса,

d – діаметр колеса, мм.

З формули (2.40) визначаємо мінімальний діаметр колеса:

$$d = \sqrt{0.863 \frac{(G/4)^4}{q \cdot b \cdot Q^3}}, \quad (2.41)$$

$$d = \sqrt{0.863 \frac{(2000/4)^4}{4 \cdot 10^6 \cdot 0.1 \cdot 130^3}} = 0.214 \text{ м.}$$

Отже, колесо діаметром 230 мм, яке застосовувалось на проріджуючій секції базової конструкції підійде і для проріджуючої секції нової конструкції.

Розрахуємо необхідний діаметр осі, на яку кріпитиметься опорне колесо робочої секції проріджувача ПСА-2.7.

На вісь колеса у небезпечному перетині діє згинальний момент:

$$M_B = R_G \cdot l_B, \quad (2.42)$$

де $R_G = R_0 \cos \beta$ - вертикальна складова опору ґрунту, Н (рис. 2.12);

l_B – плече дії сили R_G , м. $l_B = 0,070$ м (див. лист ДП 11-081.04.11 СК).

$$M_B = 500.95 \cdot \cos(15^\circ) \cdot 0.07 = 33.87 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Діаметр осі у небезпечному перетині визначають за формулою [7]:

$$d_B \geq \sqrt[3]{M_B / 0.1[\sigma]}, \quad (2.43)$$

$$d_B \geq \sqrt[3]{33.87 / 0.1 \cdot 55} = 0.018 \text{ м}.$$

Отже, мінімальний діаметр осі колеса становить 18 мм.

2.4. Розрахунок стійкості машино – тракторного агрегату

Стійкість колісних машинно-тракторних агрегатів (МТА) визначається колісною базою, колією коліс, розміщенням центра ваги, зчепленням коліс з ґрунтом, станом дороги, нахилом рельєфу поля чи дороги. Порушення стійкості машинно-тракторного агрегату може бути як поздовжнім (в площині, що збігається з поздовжньою віссю), так і поперечним (в площині, перпендикулярній до її поздовжньої осі). Згідно з цим розрізняють поздовжню та поперечну стійкість.

2.4.1. Розрахунок поздовжньої стійкості МТА

Поздовжня стійкість машинно-тракторного агрегату визначається, в основному, умовами перекидання трактора. У начіпних агрегатів на стійкість впливає положення начіпної машини. Крім того, будуть впливати положення агрегату (транспортне чи робоче), напрям сили тяги, розміщення центра ваги і точки причеплення що задньої осі трактора. Перекидання трактора в поздовжній площині можливе при русі на підйом і під час спуску.

Повздовжня стійкість колісного трактора з начіпними машинами залежить від положення начіпної машини (транспортне чи робоче). При роботі агрегату із задньою начіпною системою перекидання трактора неможливе, тому що при відриві передніх коліс від ґрунту він буде спиратися на робочу начіпну машину. В цьому випадку порушується лише керованість агрегату. Задня начіпна система знижує поздовжню стійкість агрегату при русі вгору вздовж схилу з піднятою начіпною машиною. При русі із схилу задня начіпна система збільшує поздовжню стійкість агрегату.

Отже, найбільш нестійким в поздовжньому напрямку буде агрегат з начіпною машиною в транспортному положенні при русі на підйом (рис. 2.14).

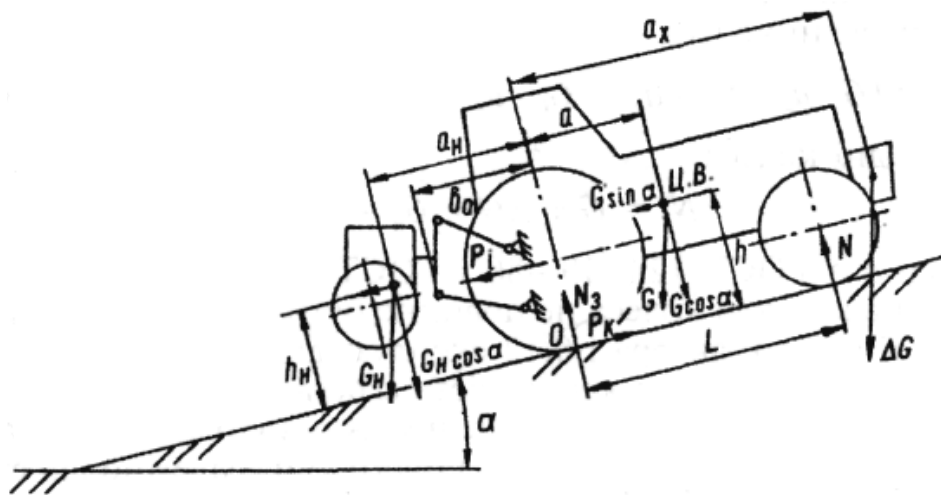


Рис. 2.13. Розрахункова схема сил, які діють на колісний трактор, що рухається на підйом з начіпною машиною

Стійкість агрегатів з колісними тракторами оцінюється коефіцієнтом запасу поздовжньої стійкості χ_H . Значення коефіцієнта $\chi_H \leq 0.4$ визначає стійке положення агрегату, а при $\chi_H > 0.4$ у агрегату буде спостерігатись різке порушення стійкості

Коефіцієнт запасу поздовжньої стійкості визначають за формулою [20]:

$$\chi_H = \frac{G_H \cdot a_H}{G \cdot a}, \quad (2.44)$$

де G_H - сила ваги начіпної машини, кН. Для проріджувача ПСА-2.7 $G_H=9,1$ кН;
 a_H – поздовжня координата центра ваги начіпної машини, піднятої у транспортне положення, відносно осі ведучих коліс трактора, м. $a_H = 1,2$ м;
 G - сила ваги трактора, кН. Для трактора МТЗ-80 $G=36$ кН [20];
 a – поздовжня координата центра ваги трактора відносно осі ведучих коліс, м. Для трактора МТЗ – 80 $a=0,724$ м [20].

$$\chi_H = \frac{9,1 \cdot 1,2}{36 \cdot 0,724} \approx 0,42.$$

Оскільки розраховане значення коефіцієнту запасу поздовжньої стійкості дещо більше допустимого, то для забезпечення для забезпечення стійкості трактора на його перед необхідно встановлювати (навішувати) додатковий вантаж. Сила ваги додаткових вантажів ΔG повинна бути такою, щоб після їх встановлення вона не перевищувала паспортних даних трактора, а значення коефіцієнта χ_H знизилось до допустимих меж.

Силу ваги додаткових вантажів визначають за формулою [20]:

$$\Delta G = \frac{(\chi_H - \chi'_H)G \cdot a}{\chi'_H \cdot a_x}, \quad (2.45)$$

де χ'_H – необхідний коефіцієнт запасу поздовжньої стійкості трактора з додатковими вантажами $\chi'_H \leq 0,4$;

a_x – поздовжня координата центра ваги додаткових вантажів відносно осі ведучих коліс трактора, м. Для трактора МТЗ-80 $a_x = 2,8$ м [20].

$$\Delta G = \frac{(0,42 - 0,4) \cdot 36 \cdot 0,724}{0,4 \cdot 2,8} \approx 0,5 \text{ кН.}$$

Після розрахунку ваги додаткових вантажів ΔG необхідно уточнити значення коефіцієнта запасу поздовжньої стійкості за формулою [20]:

$$\chi'_H = \frac{G_H \cdot a_H}{(G \cdot a + \Delta G \cdot a_x)}, \quad (2.46)$$

$$\chi'_H = \frac{9.1 \cdot 1.2}{(36 \cdot 0.724 + 0.5 \cdot 2.8)} \approx 0.397.$$

Оскільки для забезпечення необхідної поздовжньої стійкості трактора його необхідно довантажувати додатковими вантажами, то виникає необхідність у розрахунку навантаження на колеса трактора з метою перевірки відсутності їх перевантаження.

Навантаження на передні колеса трактора:

$$N_{II} = (Ga + \Delta G \cdot a_x - G_H a_H - (G + \Delta G + G_H) f \cdot r_K) / L, \quad (2.47)$$

де f – коефіцієнт перекочування, для культивованого поля $f=0,2$;

r_K – радіус кочення ведучих коліс трактора, м. Для МТЗ-80 $r_K = 0,73$ м [20];

L – поздовжня база трактора, м. Для МТЗ-80 $L = 2,37$ м [20].

$$N_{II} = (36 \cdot 0.724 + 0.5 \cdot 2.8 - 9.1 \cdot 1.2 - (9.1 + 0.5 + 36) \cdot 0.2 \cdot 0.73) / 2.37 = 4.17 \text{ кН.}$$

Навантаження на передні колеса трактора складає $N_{II}=4,17$ кН, тобто є меншим допустимого значення навантаження $N_{II \text{ Доп}}=12$ кН [20].

Навантаження на задні колеса трактора:

$$N_3 = G + \Delta G + G_H - N_{II}, \quad (2.48)$$

$$N_3 = 36 + 0.5 + 9.1 - 4.17 = 41.43 \text{ кН.}$$

Навантаження на задні колеса трактора складає $N_3=41,43$ кН, що перевищує допустиме значення $N_{3 \text{ Доп}}=33,7$ кН, але не перевищує допустиме перевантаження коліс на 30% при швидкості руху трактора до 15 км/год $N_3=41,43 \text{ кН} < N_{3 \text{ Доп}}=33,7 \text{ кН} + 0.3 \cdot 33.7 \text{ кН} = 43.8 \text{ кН}$ [20].

Критичний кут нахилу схилу, на якому може працювати даний агрегат, визначається залежностями [20]:

$$\text{tg } \alpha_{kp} = \frac{\text{tg } \alpha_{ep} (1 - \chi'_H)}{1 + \delta_H} - f, \quad (2.49)$$

$$\alpha_{ep} = a/h, \quad (2.50)$$

$$\delta_H = \frac{G_H}{G + \Delta G}, \quad (2.51)$$

де a та h – відповідно горизонтальна та вертикальна координата центра ваги трактора, м. Для МТЗ-80 $a=0,724$ м; $h=0,821$ м [20].

$$\operatorname{tg} \alpha_{кр} = \frac{\frac{0.724}{0.821}(1-0.397)}{1 + \frac{9.1}{36+0.5}} - 0.2 = 0.226,$$

$$\alpha_{кр} = \operatorname{arctg}(0.226) \approx 13^\circ.$$

Критичний кут нахилу схилу, на якому може працювати агрегат $\alpha_{кр} \approx 13^\circ$.

2.4.2. Розрахунок поперечної стійкості МТА

При русі машинно-тракторного агрегату по пересічному рельєфу поля з поперечним нахилом, виникає небезпека його бокового перекидання чи ковзання вбік (сповзання чи заносу), особливо з начіпною машиною, що потребує обов'язкової перевірки допустимих кутів нахилу рельєфу, на яких можлива безпечна робота таким агрегатами, тобто можливість розвороту агрегату для в'їзду на наступний гін при роботі на схилі чи при переїздах через пересічну місцевість.

Поперечну стійкість машинно-тракторних агрегатів з начіпними машинами у робочому та транспортному положеннях перевіряють біля нижніх бокових крайок поверхні ходової частини.

Перевертання вбік при русі агрегату по рельєфу місцевості з поперечним нахилом відбувається у той момент, коли реакція на його правих колесах дорівнює нулю (рис. 2.15).

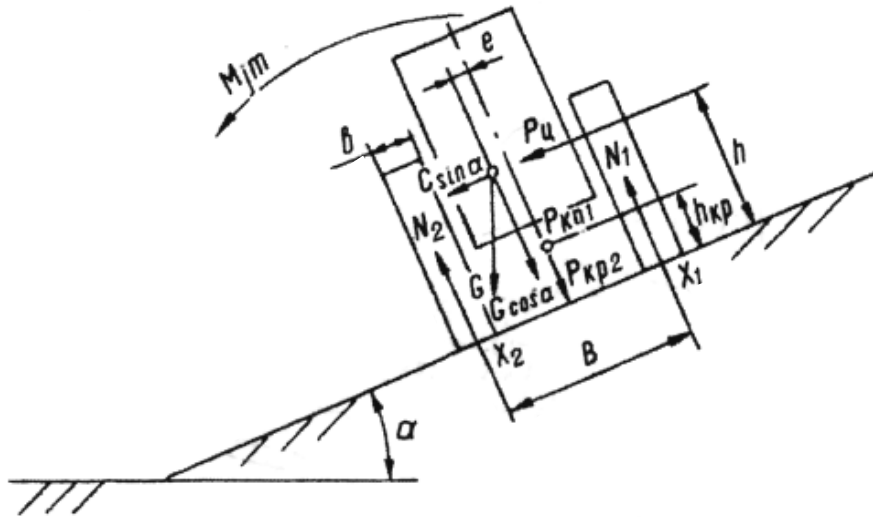


Рис. 2.14. Розрахункова схема сил, які діють на МТА на поперечному схилі

Граничний поперечний кут нахилу рельєфу поля при розвертанні агрегату на ньому визначають із формули [20, 7]:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} = \frac{G_a^2(B+b) - P_y \sqrt{G_a^2(B+b)^2 + 4(G_a^2 - P_y^2)h^2}}{2(G_a^2 - P_y^2)h}, \quad (2.52)$$

де $G_a = G + G_H$ – сила ваги агрегату, кН;

B – ширина колії трактора, м. Для МТЗ-80 $B = 1,35$ м [20];

b – ширина колеса трактора, м. Для МТЗ-80 $b = 0,7b_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 0,394 = 0,28$ [20];

h_a – вертикальна координата точки прикладання відцентрових сил, м:

$$h_a = 0.5(h + h_H) = 0.5(0.821 + 1.23) = 1.025 \text{ м};$$

P_y – відцентрова сила усіх частин агрегату, яка виникає при русі на повороті:

$$P_y = \frac{G_a v^2}{gR}, \quad (2.53)$$

де v – швидкість руху агрегату, м/с, $v = 4,6$ м/с (див. пункт 2.2.2);

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

R – радіус повороту агрегату, м. Для колісних тракторів $R_{\text{min}} = 4$ м [20].

$$P_y = \frac{(9.1 + 36) \cdot 4.6^2}{9.81 \cdot 4} = 24.33 \text{ Н}.$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} = \frac{45.1^2(1.35 + 0.28) - 24.33 \sqrt{45.1^2(1.35 + 0.28)^2 + 4(45.1^2 - 24.33^2) \cdot 1.025^2}}{2(45.1^2 - 24.33^2) \cdot 1.025} = 0.481;$$

$$\alpha_{\text{кр}} = \operatorname{arctg}(0.481) \approx 30^\circ.$$

Граничний поперечний кут нахилу рельєфу поля при розвертанні на ньому агрегату складає $\alpha_{\text{кр}} \approx 30^\circ$.

Перевіримо вплив стану ґрунту схилу на характер нестійкого положення агрегату, тобто що настане швидше – перекидання чи сповзання агрегату з схилу, за наступними співвідношеннями:

– сповзання агрегату відбудеться за умови $\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} > f_c$;

– перекидання агрегату відбудеться за умови $\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} < f_c$,

де f_c - коефіцієнт зчеплення рушія з ґрунтом.

На вологому ґрунті, коли $f_c = 0.4$, буде виконуватись умова $\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} > f_c$, і, відповідно, більш ймовірне сповзання машинно-тракторного агрегату.

На сухому ґрунті, коли $f_c = 1.1$, буде виконуватись умова $\operatorname{tg} \alpha_{\text{кр}} < f_c$, і, у такому випадку, буде відбуватись перекидання машинно-тракторного агрегату.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

3.1. Обґрунтування методів дослідження

Перш ніж приступити до вибору конкретної системи автоматизованого проектування (САПР), варто більш детально ознайомитися з існуючими САПР та їх можливостями. Іноді ці системи називають CAD/CAM/CAE системами (CAD – Computer-Aided Design, CAM – Computer-Aided Manufacturing, CAE – Computer-Aided Engineering).

Такі системи передбачають наскрізну автоматизацію всього процесу створення нового виробу – від формування конструкторської ідеї до його виготовлення. На сучасному ринку систем автоматизованого проектування налічується значна кількість (більше сотні) найрізноманітніших продуктів, більш менш вартих уваги.

Існуючі САПР можна умовно розділити на три класи:

- 1) системи вищого («важкого») класу;
- 2) системи середнього класу;
- 3) системи легкого («нижчого») класу.

До класу «важких» систем слід віднести інтегровані (повнофункціональні) системи, такі як Unigraphics, ProEngineer, CATIA та ін.

Ці системи дозволяють отримати повний цикл автоматизації виробництва, який охоплює всі етапи від конструкторських розробок до випуску готової продукції. Вони чудово підходять для моделювання виробів довільної складності, для створення збірних конструкцій. До складу цих систем, в тій чи іншій мірі повноти, входять модулі: моделювання; підготовки конструкторської документації; створення фотореалістичних зображень просторових моделей; розрахунку напружено-деформованого стану моделі; кінематичного та динамічного аналізу механізмів; теплового розрахунку; технологічної підготовки виробництва; імітації процесу обробки деталей; створення прес-форм та штампів; управління проектом виробу; інтерфейси до інших систем та ін.

Такі системи підтримують параметричне моделювання, що дозволяє отримувати кілька варіантів створюваного виробу шляхом зміни параметрів (розмірів). Більшість систем цього класу зберігають повну асоціативність між модулями системи, тобто креслення отримані в рамках системи повністю асоціативні з просторовою моделлю, і довільні зміни в моделі автоматично змінюються в кресленні і навпаки. В більшості випадків, «важкі» системи дозволяють створювати власні прикладні програми.

Системи середнього класу були створені для більш економного вирішення завдань проектування нових зразків продукції. Вони відносно дешеві, спроможні оптимізувати співвідношення «ціна-якість». Цей клас представлений групою функціонально-незалежних продуктів, які дозволяють вирішити одну окремо взяту задачу підприємства.

Системи цього класу здебільшого випускаються розробниками базової системи моделювання або їх промисловими партнерами. До цього класу слід віднести Solid Edge, Mechanical Desktop, Pro/Junior, PRELUDE, GENIUS Desktop, Design-Space, Dynamic Designer Motion, Mold flow, Solid Works та інші. Технічним забезпеченням для функціонування систем середнього класу, як правило, є обчислювальні машини з процесорами класу Pentium під керуванням операційних систем Windows NT або Windows 98.

До класу «легких» систем можна віднести системи, що призначені насамперед для випуску конструкторської документації. Такі системи, в більшості випадків, працюють в режимі електронного кульмана і дозволяють створювати хороші креслення. Безумовно, маючи в своєму розпорядженні засоби, які дозволяють використовувати фрагменти раніше створених креслень, ці системи дозволяють прискорити випуск конструкторської документації. Такі системи інколи постачаються із засобами тривимірного моделювання, а також мають цілий ряд прикладних модулів, розроблених на їх базі. Працюють такі системи на ПК. До цього класу можна віднести такі системи як AutoCAD, CADDY, CAD key, Top CAD, КОМПАС та багато інших.

Такий поділ САПР на класи чисто умовний. Так, наприклад, до середнього класу програм можна віднести Компас-3D та SolidWorks разом з його прикладними модулями для поверхневого моделювання, фотореалістичного зображення і т.д.

3.2. Розробка моделі об'єкту досліджень

Проведемо перевірку на міцність кронштейна кріплення секції проріджувача до рами машини. Проріджуюча секція приєднується до кронштейна за допомогою болтів та бруса, який проходить через квадратний отвір кронштейна. Безпосередньо кронштейн кріпиться до рами проріджувача через паралелограмну підвіску. Верхня та нижня тяги паралелограмної підвіски кріпляться, відповідно, у верхні та нижній отвори кронштейна.

На рис. 3.1, а показана CAD – модель кронштейна, створена за допомогою системи твердотільного моделювання SolidWorks.

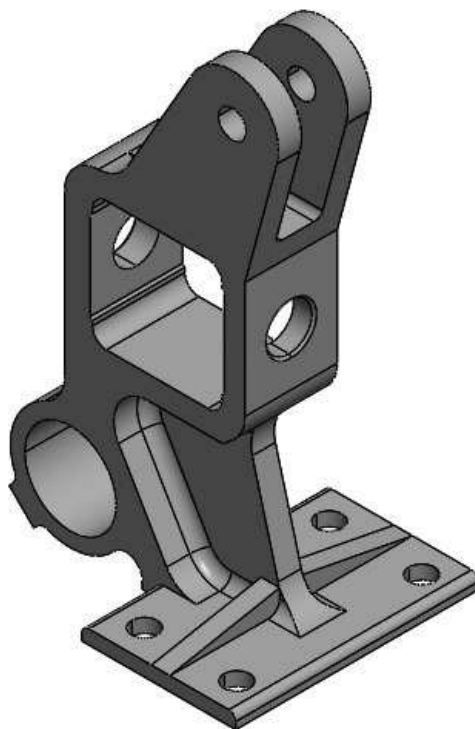


Рис. 3.1. CAD – модель кронштейна кріплення секції проріджувача

Задаємо умови закріплення – фіксований шарнір у отворах кріплення тяг паралелограмної підвіски (рис. 3.2, а).

Як зовнішнє навантаження задаємо вагу проріджуючої секції, яка передається на кронштейн через поперечний брус у квадратному отворі кронштейна. Таке навантаження задаємо як віддалену силу 1250 Н (вага спареної проріджуючої секції), що зміщена відносно вертикальної осі квадратного отвора на 175 мм (відстань до центра мас спареної проріджуючої секції). Аналогічно прикладаємо вагу розділювального щитка до отворів нижньої плити кронштейна (рис. 3.2, а).

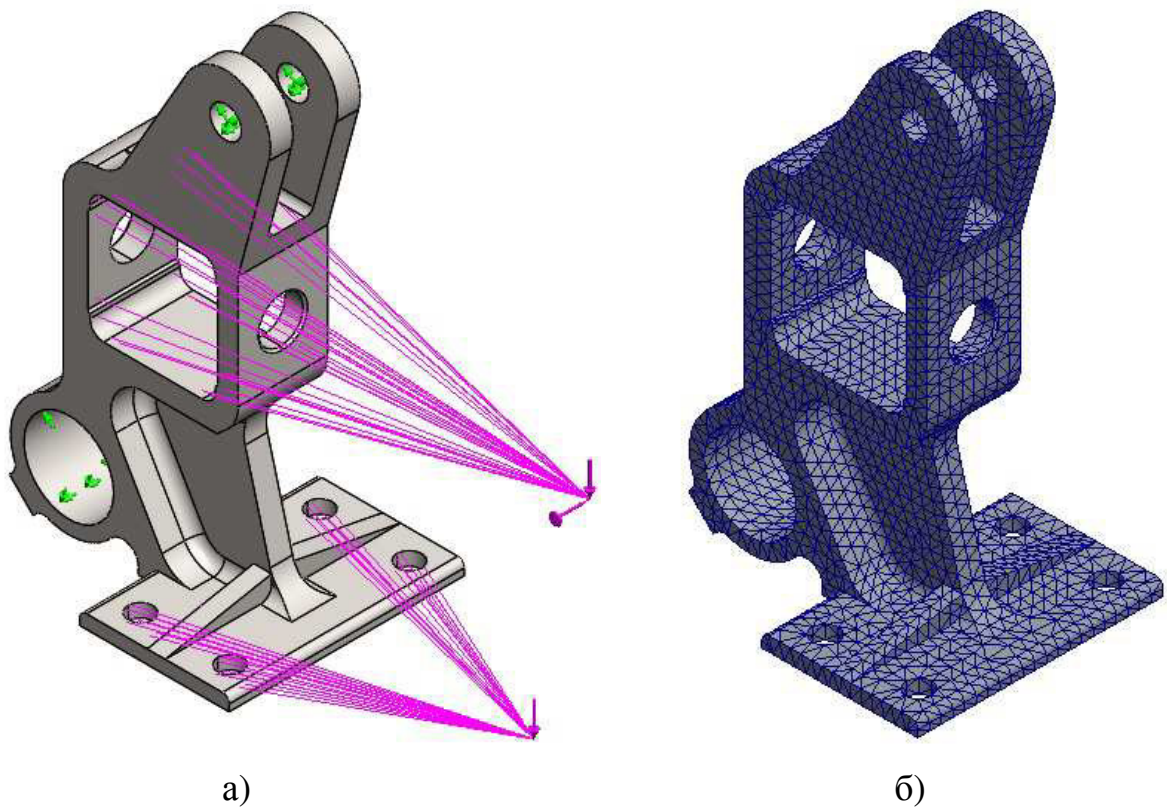


Рис. 3.2. Підготовка моделі кронштейна до розрахунку

Розбиваємо CAD – модель кронштейна на сітку кінцевих елементів з глобальним розміром 5мм та допуском 0,25 мм (рис.3.2, б).

3.3. Аналіз результатів досліджень

Результати розрахунку напружено-деформованого стану кронштейна за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation системи тривимірної моделювання SolidWorks подано на рис. 3.3.

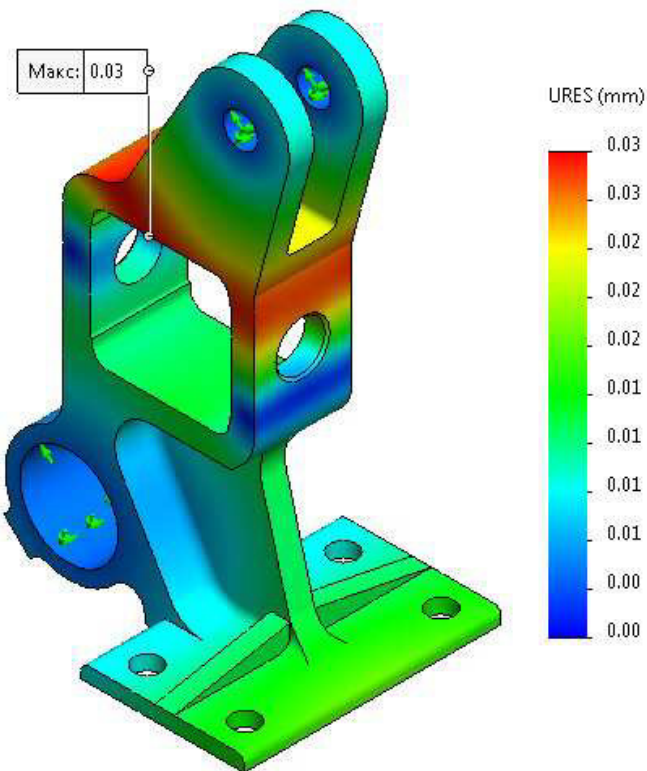
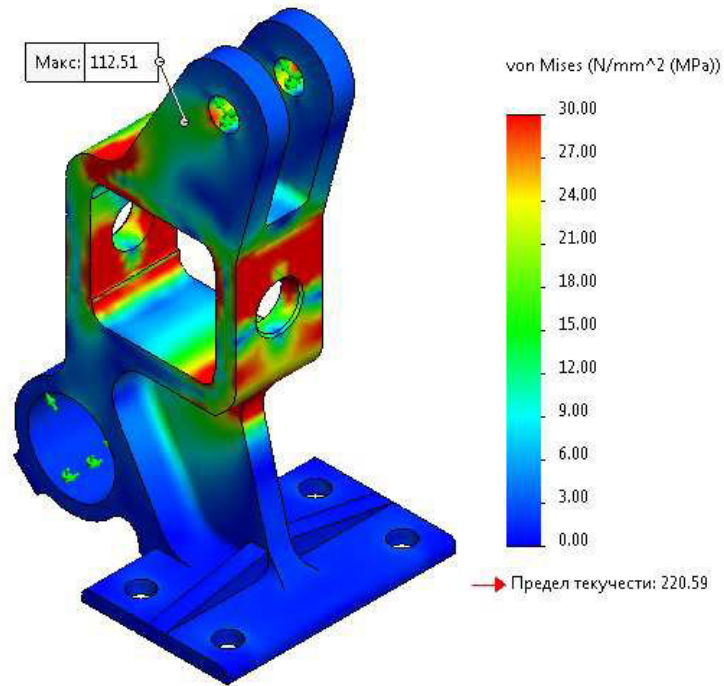


Рис. 3.3. Ізограми напружень (а) та переміщень (б) точок кронштейна

Як бачимо за результатами розрахунків, найбільш небезпечною ділянкою кронштейна є перехід до ребер кріплення верхньої тяги паралелограмної підвіски де виникають максимальні напруження $\sigma \approx 113\text{МПа}$.

Найбільше переміщення точок опори кронштейна становить $\approx 0,03\text{мм}$.

Оцінити міцність кронштейна можемо по коефіцієнту запасу міцності (рис. 3.4).

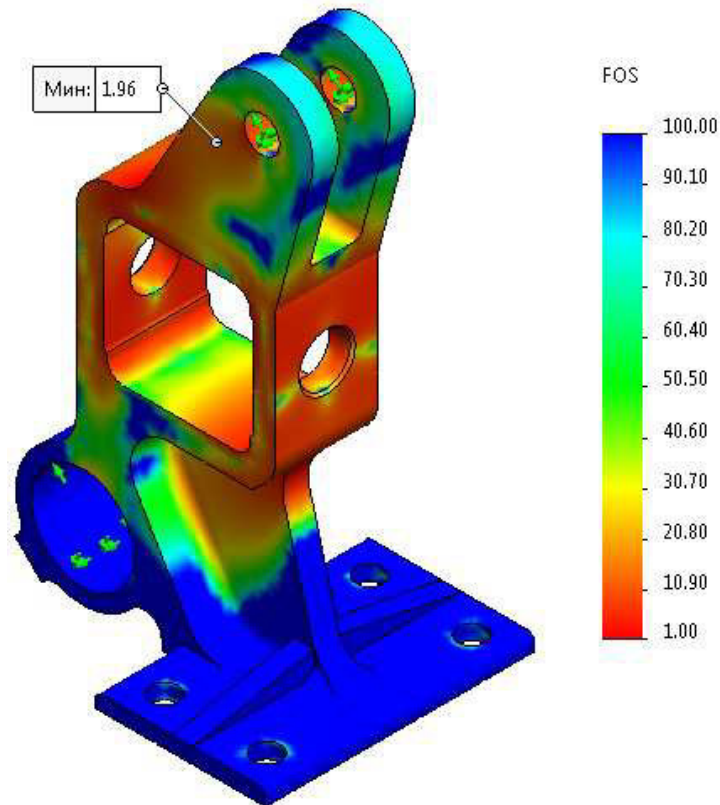


Рис. 3.4. Ізограми коефіцієнта запасу міцності кронштейна

Мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності становить ≈ 2 .

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Техніка безпеки при експлуатації проріджувача ПСА-2.7

При обслуговуванні ПСА-2,7 необхідно строго керуватися «Єдиними вимогами до інструкції трактора і сільськогосподарських машин з безпеки та гігієни праці».

До обслуговування проріджувача допускаються особи, що пройшли

спеціальну підготовку з правил експлуатації проріджувача та інструктаж з техніки безпеки [16].

Категорично забороняється працювати при несправній машині.

Будь-який ремонт і налагоджувальні роботи необхідно виконувати тільки при заглушеному двигуні, зменшеному тиску і вимкненій електронній системі.

Необхідно бути обережним при під'єднуванні машини до трактора, зважаючи на невеликий простір між проріджувачем і трактором.

Забороняється знаходитися під час роботи перед машиною, на машині або поблизу машини.

Забороняється працювати із знятими захисними кожухами.

При короткочасних зупинках для огляду і регулювання машини необхідно обов'язково вимкнути ВВП, знизити тиск в напірній і магістралі гідросистеми і вимкнути електронну систему.

Забороняється обкатка і експлуатація машини при температурі масла гідросистеми вище 80°C.

Забороняється вмикання електронної системи під час знаходження людей поблизу машини.

Підключення і відключення кабелю живлення електронної системи плюсовій клемі акумулятора необхідно виконувати тільки при непрацюючому двигуні і відключеному вимикачі «маси». Кабель живлення «мінус» повинен бути під'єднаний до очищеного від фарби місця на корпусі трактора під болт з гальванічним покриттям.

При зупинці трактора з працюючим двигуном, включеному ВВП і вимкненій електронній системі будь-який дотик до щупа виявлення рослин може привести в дію проріджуючі ножі, які можуть завдати серйозної травми.

При дотриманні перерахованих вище умов буде забезпечена якісна і безпечна робота машини.

Строге дотримання запобіжних засобів і чітке виконання правил техніки безпеки забезпечують безпечну роботу обслуговуючого персоналу. До

роботи з проріджувачем допускаються особи, що пройшли спеціальну підготовку та інструктаж з техніки безпеки.

При роботі з проріджувачем необхідно строго виконувати наступні правила [16].

Під час навішування машини на трактор, а також при її підніманні та опусканні, необхідно переконатися, що немає небезпеки кого-небудь зачепити або зачепитися за яку-небудь перешкоду.

Після навішування машини на трактор і установки її щодо осі симетрії трактора розтяжки подовжньої тяги необхідно натягнути і зафіксувати.

Всі операції, пов'язані з приєднанням карданного валу, від'єднанням машини, очищенням, регулюванням, підготовкою до роботи, технічним доглядом, усуненням несправностей, виконувати тільки тоді, коли двигун трактора зупинений і педалі його гальм встановлені на заціпку гальма стоянки в загальмованому стані.

Не заходити в простір між подовжньою тягою механізму навішування трактора при навішуванні проріджувача.

Не заходити під піднятий проріджувач при регулюваннях і очищенні робочих органів.

При короткочасних зупинках для огляду і регулювання машини вимикати вал відбору потужності і скидати тиск в напірній магістралі гідросистеми, а при виконанні робіт, пов'язаних з усуненням несправностей, скидати тиск також і в підпірній магістралі гідросистеми, відкривши запірний кран і перемикнувши його в авторежим.

Дальні переїзди по автодорогах проводити при підключеній світловій сигналізації машини.

Для кращої маневреності трактора з навісною машиною необхідно навішувати попереду трактора додаткові вантажі.

Їзда на тракторі з навішеною машиною допускається на схилах не більше 8...9 град., на I або II передачах трактора.

Швидкість руху трактора з навішеною машиною на поворотах доріг – не більше 2...3 км/ч, а на ґрунтових путівцях — не більше 10 км/ч.

При прокручуванні проріджувача в період підготовки до роботи і під час роботи знаходитися поблизу частин, що обертаються і рухаються, забороняється.

При від'єднанні машини від трактора обов'язково знімати карданний вал з ВВП трактора.

З метою попередження нещасних випадків і поломки проріджувача забороняється торкатися до щупа секції в неізольованому місці або в сиру погоду при включеній електронній системі і наявності тиску в гідросистемі.

Забороняється від'єднувати або під'єднувати гідравлічні елементи машини за наявності тиску в трубопроводах.

Забороняється ударяти по корпусу або приєднувальних частинах гідроаккумулятора.

При установці машини на майданчик з твердим покриттям необхідно відвести стійки ножів вбік і встановити її на підставки.

При випробуванні і обкатуванні стороннім особам забороняється знаходитися поблизу місця випробування машини. Забороняється залишати без нагляду працюючу машину.

Забороняється обкатування і експлуатація машини при температурі навколишнього середовища, що перевищує $+40^{\circ}\text{C}$, і температурі масла вище $+80^{\circ}\text{C}$.

Забороняється вмикання електронної системи під час знаходження людей поблизу машини.

Не залишати проріджувач в піднятому стані при тривалих зупинках.

Інструмент, пристосування і запасні частини, що використовуються при технічному обслуговуванні і усуненні несправностей, повинні бути справними, відповідати своєму призначенню і забезпечувати безпечну роботу з ними.

Підключення і відключення кабелю живлення електронної системи до плюсової клеми акумулятора необхідно виконувати тільки при непрацюючому двигуні трактора і відключеному вимикачі «маси» Кабель

живлення «мінус» повинен бути підключений до обчищеного від фарби місця на корпусі трактора під болт з гальванічним покриттям.

Гідравлічна система машини повинна бути герметичною. Протікання робочої рідини з гідросистеми не допускається.

Заправка гідросистеми проріджувача мастилом винна проводитися механізованим способом.

Під час заправки мастилом не можна палити і користуватися відкритим вогнем. При промивці деталей і складальних одиниць гасом, бензином, дизельним паливом і іншими горючими розчинниками необхідно взяти заходів, що виключають займання пари промивальної рідини.

Місця зберігання місткостей з мастилом на проріджувачі повинні бути обладнані засобами пожежогасіння.

Завантаження і розвантаження проріджувача при транспортуванні проводити тільки за допомогою вантажопідйомних засобів (кранів і т. п.) особами, спеціально навченими для роботи на вантажопідйомних механізмах. При цьому забороняється знаходитися поблизу місця завантаження стороннім особам.

Перед завантаженням диски заземлювачів необхідно зняти, а ножі і карданний вал зафіксувати щодо машини.

Завантажений на транспорт проріджувач повинен бути надійно зафіксований щодо кузова або платформи.

Забороняється на корпусі і поблизу пневмогідроаккумулятора проводити зварювальні роботи, паяння і інші види термообробки.

Забороняється проводити зварювальні роботи резервуару і маслопроводів без видалення мастила, промивання і просушування.

При переїзді до місця роботи необхідно бути обережним. Не допускається їзда на великій швидкості на схилах і нерівній площині, на поворотах, а також на мокрій дорозі. Необхідно стежити, щоб машина мимовільно не опускалася і не чіплялася за поверхню дороги.

При переїздах на автодорогах обов'язково підключити кабель сигнальних ліхтарів машини, оскільки сигнальні ліхтарі трактора

закриваються машиною. Перед виїздом на автодорогу необхідно перевірити правильність роботи сигнальних ліхтарів.

Перед початком руху необхідно підняти в транспортне положення опорні стійки машини і максимально укоротити верхню тягу навісної системи трактора.

4.2. Завдання безпеки життєдіяльності

Безпека життєдіяльності (БЖД) – це наука, що вивчає теоретичні основи взаємодії людини з навколишнім середовищем і способи забезпечення безпеки її життя і діяльності в середовищі існування й умовах сучасного виробництва.

Головною задачею науки про безпеку життєдіяльності є забезпечення комфортних умов існування людини на всіх стадіях її життєвого циклу і нормативно припустимих рівнів впливу негативних факторів на людину і природне середовище.

Інтенсивне зростання народонаселення, розвиток промисловості, енергетики, транспорту, а також збільшення числа надзвичайних ситуацій викликає збільшення рівня впливу негативних факторів на навколишнє середовище і людину, вносить дисбаланс у природні процеси, які забезпечують стабільність життєвого циклу на Землі.

Розробці концепції стійкого розвитку життя на Землі була присвячена конференція ООН у Ріо-де-Жанейро в 1992 році, на якій прийнятий документ «Порядок денний XXI століття» і сформульований висновок про необхідність глобального партнерства держав у всіх сферах для здійснення стабільного соціального, економічного й екологічного розвитку. У робочих документах конференції передбачається рішення проблем безпеки життєдіяльності людей на державному рівні.

В діалектичному аспекті стан навколишнього середовища, яке включає атмосферу, літосферу та гідросферу, фауну, флору, тобто біосферу Землі (виключаючи вплив людини) повинен характеризуватися т. н. «динамічною

рівновагою». Таке положення (динамічна рівновага) визначає поступовий природно логічний розвиток, логічно обумовлену еволюцію біосфери, яка диктується об'єктивними законами її розвитку.

Аналіз сумісного розвитку біосфери та людства на протязі історично значного часу показує, що ці природні об'єктивні закони розвитку біосфери підлягають впливу діяльності людини, яка прогресивно інтенсифікується.

Діяльність є необхідною умовою існування людини і людського суспільства. Форми діяльності різноманітні. Вони включають інтелектуальні, прикладні і духовні процеси, що протікають у виробничій, науковій, суспільній, культурній, у побуті, і інших сферах життя людини.

Праця – є вищою формою діяльності людини. Тому, на думку філософів, найадекватнішим визначенням людини є «людина діюча» – Homo agens.

Досвід еволюції людства свідчить, що його будь-яка діяльність є потенційно небезпечною. Модель процесу діяльності людини в найбільш загальному вигляді можна представити узагальненою системою, яка складається з двох взаємозалежних елементів: «людина» і «середовище її існування» (рис. 4.1). Задачею рівноважного існування системи «людина – середовище існування» є досягнення наступних двох цілей.

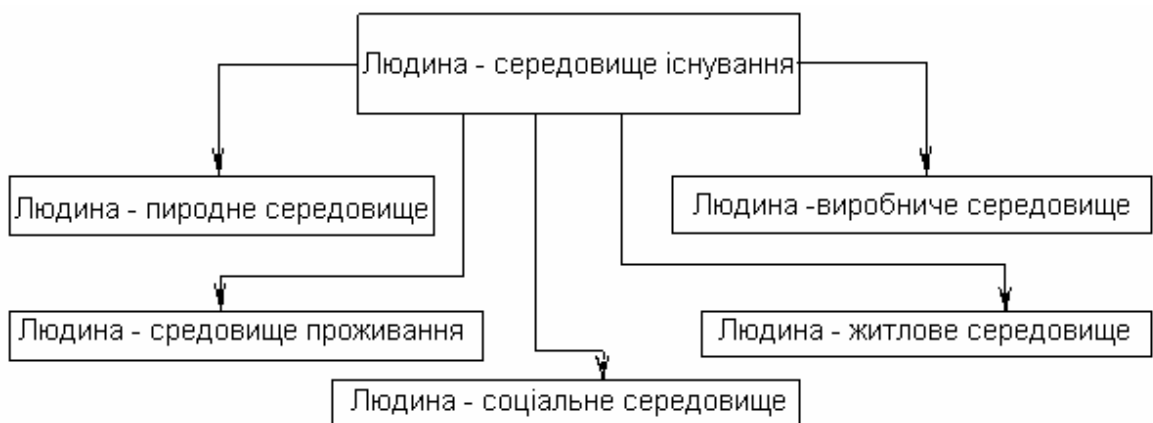


Рис. 4.1. Структурна схема системи «людина – середовище існування»

Перша ціль полягає в забезпеченні позитивного ефекту в плані підвищення продуктивності праці і, як наслідок – комфортності життя людини.

Друга ціль полягає у виключенні небажаних наслідків діяльності людини на навколишнє середовище і здоров'я сьогоденного і майбутнього поколінь.

До основних негативних наслідків діяльності людини відносяться такі: збиток здоров'ю і життю людини, пожежі, аварії, катастрофи, тобто явища, що вносять елемент порушення в динамічну рівновагу стану системи «людина – середовище існування». Унаслідок цього негативні явища, що виникають у розглянутій системі в результаті діяльності людини чи природних процесів, що протікають у середовищі існування, називаються небезпеками.

Безпека – це стан системи «людина – середовище існування» при якому з визначеною імовірністю виключається прояв небезпек.

Забезпечення комфортних умов діяльності і відпочинку створює передумови для прояви найвищої працездатності людини. При цьому формування, вибір і визначення комфортних умов (параметрів і організації виробничого, природного, соціального середовища, середовища проживання) діяльності і відпочинку повинні ґрунтуватися на знанні закономірностей взаємозв'язків системи «людина – середовище існування», фізіології людини, його психологічного стану і функціональних можливостей. У результаті реалізації такого підходу забезпечується зменшення травматизму і захворюваності людей, зменшення кількості небезпек чи зниження їх рівня.

Таким чином, забезпечення безпеки і нешкідливості праці, ефективного відпочинку, з дотриманням вимог екології, природних процесів розвитку біосфери буде забезпечувати збереження життя і здоров'я не тільки людини, але і біосфери Землі, а значить і людства в цілому.

Зниження ступеня небезпеки і шкідливості негативних факторів середовища існування, зменшення їхньої кількості, виконується на основі інформації, яка одержується в процесі ідентифікації (розпізнавання) цих негативних факторів і забезпечується доцільним вибором і застосуванням конкретних ефективних захисних методів і засобів.

Виходячи з цього, комплексною науковою задачею БЖД є теоретичний аналіз, розробка методів ідентифікації і кількісної оцінки негативних факторів, які генеруються складовими середовища існування.

При цьому пріоритетним напрямком є рішення задач БЖД на етапі проектування предметів праці, діяльності людини, а також прогнозування природних явищ, які можуть викликати аварії, катастрофи, надзвичайні ситуації. Наукові задачі БЖД не обмежуються перерахованими аспектами. До них відносяться також наступні напрями:

- комплексна оцінка багатфакторного впливу негативних факторів середовища існування на працездатність і здоров'я людини;
- визначення параметрів комфортних умов праці і відпочинку;
- розробка і реалізація нових методів і засобів захисту людини і навколишнього середовища від дії негативних факторів;
- моделювання надзвичайних ситуацій.

Практичні задачі БЖД полягають у розробці і створенні нових принципів і засобів захисту людини і природного середовища від впливу негативних факторів.

Виходячи з цього, об'єктом вивчення БЖД є комплекс явищ і процесів у системі «людина – середовище існування», що негативно впливають на людину і природне середовище (в глобальному масштабі – на біосферу Землі).

З метою аналізу взаємозв'язків у якості складових узагальненої системи «людина – середовище існування», виділяються наступні основні підсистеми:

1. «Людина – природне середовище». Причому, поняття «природне середовище» містить у собі флору і фауну, мікро- і макроорганізми, що являють собою біосферу Землі;
2. «Людина – виробниче середовище». У цю підсистему, у свою чергу входять такі системи як «людина – машина», «людина – робоча зона»;
3. «Людина – середовище проживання» («людина – міське середовище» чи «людина – сільське середовище»);
4. «Людина – житлове середовище» («людина – побутове середовище»);

5. «Людина – соціальне середовище». Ця підсистема охоплює практичні взаємозв'язки людини в усіх перерахованих вище підсистемах.

У процесі еволюції людини сформувалася також підсистема «виробниче середовище – природне середовище», яка називається техносферою. Практично ця підсистема сформувалася внаслідок предметної діяльності людини, що сполучена з виникненням нових негативних факторів різного рівня інтенсивності, які діють як на людину, так і на природне середовище – біосферу Землі. Унаслідок цього область техносфери, поширюючись на атмосферу, гідросферу і літосферу, робить свій негативний вплив як на фауну, так і на флору Землі вносить елемент порушення в динамічний рівноважний стан системи «людина – середовище існування».

Таким чином, *техносфера* являє собою локалізовану область біосфери, яка сформувалася в результаті діяльності людини в регіонах розміщення великих міст і промислових об'єктів. Фізико-хімічні та біологічні характеристики техносфери відрізняються від природних характеристик біосфери, наприклад, підвищеним рівнем теплових випромінювань, підвищеною запиленістю, загазованістю повітря, підвищеним рівнем енергетичних випромінювань, підвищеним рівнем шуму і вібрації, зниженою концентрацією або відсутністю природних мікроорганізмів, присутністю модифікованих або нових вірусів, бактерій і т.п.

Виходячи зі структури й існуючих взаємозв'язків системи «людина – середовище існування» впливає, що наука «Безпека життєдіяльності» вивчає негативні фактори, їхній вплив на людину і навколишнє, виробниче, побутове, міське середовище, як в умовах повсякденного життя, так і при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження.

Реалізація цілей і рішення задач безпеки життєдіяльності включає наступні *основні етапи* наукової і практичної діяльності людини:

- ідентифікація негативних факторів і опис зон їх впливу на біосферу Землі. На цьому етапі досліджується комплексний вплив негативних факторів техносфери і негативний вплив її окремих складових – підприємств, машин, приладів і т.п. Ідентифікації підлягають як реальні,

так і потенційні небезпеки, що повинні виявлятися на етапі проектування при аналізі технологічних і виробничих процесів промислових об'єктів;

- розробка і реалізація ефективних систем попередження і методів захисту від небезпек. Такі системи і методи повинні розроблятися і закладатися для технічної реалізації на етапі проектування об'єктів предметної діяльності людини. Вони повинні бути невід'ємною частиною процесу створення об'єкта будь-якої складності;
- розробка і реалізація, створення, підготовка і утримування у належному технічному стані засобів для ліквідації наслідків реалізації небезпек;
- організація навчання населення питанням забезпечення безпеки життєдіяльності в реальних ситуаціях;
- підготовки фахівців із забезпечення безпеки життєдіяльності.

Основними методами, що застосовуються для рішення задач у БЖД, є моделювання, спостереження, експеримент, математична статистика, аналіз, прогнозування. Завдяки такому підходу до вирішення поставлених задач забезпечується вибір оптимальних форм діяльності людини, організації праці, відпочинку, професійного добору, заснованих на медико-біологічних, технічних, ергономічних, суспільно-правових і наукових основах.

ВИСНОВКИ

Агропромисловий комплекс нашої країни потребує ефективної сільськогосподарської техніки, яка б відрізнялась надійністю та довговічністю, високою продуктивністю та універсальністю.

Однією з найбільш ефективних сільськогосподарських машин для проріджування цукрового буряка є автоматизований проріджувач ПСА-2.7, який забезпечує виконання технологічного процесу проріджування без застосування ручної праці.

Для підвищення надійності роботи проріджувача ПСА-2.7 запропоновано об'єднати його шість робочих секцій попарно, утворивши три спарені проріджуючі секції. Таке інженерне рішення забезпечує вищу довговічність машини за рахунок зменшення несиметричних навантажень на паралелограмну підвіску та передній кронштейн проріджуючої секції та симетричного розташуванням останніх відносно поздовжньої осі машини.

Надійність машини підвищується також за рахунок зменшення ймовірності відмови елементів кріплення робочих секцій до основної рами проріджувача за рахунок зменшення коефіцієнта відмови, оскільки кількість паралелограмних підвісок зменшується з шести до трьох.

Симетричне розташування двох проріджуючих секцій відносно паралелограмної та протилежне розташування пари ножів однієї секції відносно іншої (тобто коли одна пара ножів переміщується справа – наліво, то інша пара ножів – зліва – направо) дозволяє суттєво зменшити вплив бокових сил на стійкість роботи спареної робочої секції проріджувача ПСА-2.7.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.
2. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
3. Дементьев Ю.В., Щетинин Ю.С. САПР в автомобиле- и тракторостроении. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 220 с.
4. Довідник з механізації виробництва цукрових буряків / За ред. О.О. Проценка. – К.: Урожай, 1987. – 250 с.
5. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / За ред. С.Д. Лахмана. – Київ: Урожай, 1990. – 396 с.
6. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
8. Иванов М.Н. Детали машин: Учебник для студентов высших технических учебных заведений. - М.: Высшая школа, 1991. - 383 с.
9. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос, 1983. – 495 с.
10. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
11. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. / За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
12. Основы проектирования и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. проф. Ермольева Ю.И. – М.: Машиностроение, 2006. – 344 с.
13. Основы САПР на базе программы SolidWorks: учеб. пособие в 2 ч. / Под ред. Н. Р. Шоля. – Ухта : УГТУ, 2013. – 419 с.
14. Попович П. Уніфікація дослідження напружено-деформованого стану несучих конструктивних систем / П. Попович, М. Сташків, Т. Довбуш // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2015. – Том 78. – № 2. – С. 153-163.
15. Попович П.В. Моделювання експлуатаційної навантаженості несучих систем розкидачів добрив типу ПРТ–10 / П.В. Попович, М.Я. Сташків,

- Т.А. Довбуш // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва» – Харків: ХНТУСГ, 2014. - Вип. 151 - С. 367-372.
16. Прореживатель свекловичный автоматический ПСА-2.7. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – К.: УкрНИИСХОМ, 1981. – 200 с.
 17. Рибак Т.І., Попович П.В., Сташків М.Я. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40-47.
 18. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. – К Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
 19. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Под ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
 20. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
 21. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
 22. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Под ред. Е.С. Босого. – М.: Машиностроение, 1978. – 568 с.
 23. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 164 с.
 24. Ястюнічев Ю. Ю. Підвищення надійності гальм приводу бурякозбирального комбайна / Ю. Ю. Ястюнічев, В. О. Микуляк // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції „Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики“. – Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. – С. 64.

ДОДАТКИ