

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

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

Модернізація комбінованого агрегату для сівби цукрових
буряків з розробкою конструкції вирівнювача

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу, групи ГМ(СМ)-21

ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 208 «Галузеве
машинобудування»

_____Почапський Ілля Іванович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____Володимир АМОСОВ

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____Геннадій ПОРТНОВ

« ____ » _____ 2025 р.

ЗМІСТ

	стор.
ЗМІСТ.....→.....	6
1 ВСТУП.....→.....	7
2 СТАН ПИТАННЯ ПРО МАШИНУ, ЯКА ПІДЛЯГАЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....→.....	8
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....→.....	20
4 ВИСНОВКИ.....→.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	34
ДОДАТКИ.....→.....	35

¶

.....Розрив сторінки.....

а	а	а	а	а
а	а	а	а	а
Змс	Аркс	№ докум.а	Підпис	Дата

КАСБ-00.000-ПЗ

Аркс
а

1 ВСТУП

Для забезпечення людей якісними продуктами харчування важливу роль відіграє нарощування обсягів вирощування буряків, оскільки ця культура є не лише основним джерелом кормів для тваринництва, а й сировиною для виробництва цукру в харчовій промисловості.

У комплексі агротехнічних заходів при вирощуванні буряка особливе значення має процес посіву, оскільки саме він визначає подальший розвиток культури та формує основу її врожайності.

Одним із провідних напрямків розвитку агротехнологій є застосування комбінованих агрегатів, які дають можливість одночасно здійснювати передпосівний обробіток ґрунту та сіяти насіння з високою точністю.

Серед найближчих завдань у вдосконаленні сільськогосподарської техніки стоять: підвищення продуктивності машин, зниження їх металомісткості, покращення якості виконання технологічних операцій та забезпечення високої надійності роботи.

Для посіву буряків використовують сівалки точного висіву, більшість з яких одночасно вносять і мінеральні добрива.

У зв'язку з постійним скороченням трудових ресурсів у сільському господарстві постала нагальна потреба створення високопродуктивної, економічно ефективною та надійною техніки, здатної виконувати великий обсяг робіт з мінімальними витратами.

Основною метою цієї кваліфікаційної роботи є удосконалення конструкції ґрунтообробно-посівного агрегату, який буде застосовуватись для сівби насіння цукрових буряків.

					КАСБ 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Почапський				Модернізація комбінованого агрегату для сівби цукрових буряків з розробкою конструкції вирівнювача	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Амосов							
Н. контр.	Мачок							
Затвер.	Васильковський							
						ЦНТУ, гр. ГМ(СМ)-21		

2 СТАН ПИТАННЯ ПРО МАШИНУ, ЯКА ПІДЛЯГАЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Аналіз конструкцій існуючих комбінованих агрегатів

Багаторазові проходи ґрунтообробної техніки по полю, які необхідні для виконання кількох агротехнічних операцій, часто призводять до надмірного ущільнення та руйнування структури ґрунту.

Наприклад, при використанні п'ятикорпусного плуга трактор ущільнює близько 40–50% поверхні поля. Під тиском гусениць чи коліс руйнуються грудочки ґрунту, він розпилюється, його густина збільшується, а проникність для вологи та капілярність значно знижуються. Внаслідок цього знижується врожайність. Крім того, багаторазовий передпосівний обробіток затягує строки сівби, що також негативно впливає на кінцевий урожай.

Особливо шкідливо надмірно обробляти ґрунт у посушливих районах та на легких безструктурних ґрунтах. Інтенсивний обробіток спричиняє втрату органічної речовини через вивітрювання та ерозію, погіршує структуру ґрунту, підвищує втрати вологи та призводить до утворення глибоких ущільнених шарів.

Саме тому нині все більше поширюється система мінімального обробітку ґрунту, яка зменшує кількість проходів техніки по полю. З цією метою застосовують комбіновані машини та агрегати, які за один прохід виконують кілька операцій — наприклад, одночасну оранку, подрібнення грудок, вирівнювання поверхні, прикочування, передпосівний обробіток і сівбу, а також внесення добрив, гербіцидів та інших препаратів.

Доцільність поєднання кількох технологічних операцій визначається особливостями землеробської системи, засміченістю поля бур'янами, їх видами, погодними умовами, характеристиками техніки, а також агрономічними, технічними та економічними чинниками. Можливість суміщення технологічних операцій та використання комбінованих машин визначають такі фактори [6]:

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Часто виникає необхідність збігу строків виконання різних операцій, наприклад: передпосівної культивуації, сівби, прикочування, внесення добрив, гербіцидів тощо.

- Іноді роботи треба провести в дуже короткі строки — наприклад, при підготовці ґрунту для проміжних культур або озимих після непарових культур.

- Погодні умови бувають нестійкими, що ускладнює роздільне виконання операцій. Наприклад, якщо після передпосівної культивуації раптово випадають дощі, її ефективність знижується настільки, що доводиться проводити обробіток повторно, що затягує терміни усіх робіт.

- Виконанню комплексних операцій сприяє також наявність потужних тракторів потрібного тягового класу, які можуть агрегуватися з комбінованими агрегатами.

- Робочі органи багатьох комбінованих машин дозволяють одночасно виконувати кілька різних агротехнічних операцій, наприклад, сіяти і культивувати одночасно.

Використання комбінованої техніки дозволяє зменшити шкідливий вплив на ґрунт від багаторазових проходів колісної техніки, скоротити час виконання робіт, покращити якість обробітку і підвищити продуктивність праці при одночасному зниженні витрат на виробництво.

Деякі операції взагалі можливо виконати лише із застосуванням комбінованих машин — наприклад, внесення в ґрунт добрив, меліорантів, пестицидів, аміачної води чи безводного аміаку під час культивуації.

Однак, при ухваленні рішення щодо суміщення операцій слід враховувати технічну складність, вартість виготовлення та експлуатації агрегатів. Комбіновані машини складніші за одноопераційні, коштують дорожче і можуть бути менш надійними у складних польових умовах. Тому не всі операції доцільно суміщати. Найкраще поєднувати технологічно подібні операції, наприклад культивуацію та боронування. Складніше суміщати операції, що потребують зовсім різного обладнання.

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комбіновані машини та агрегати повинні мати набір робочих органів, які дозволяють одночасно виконувати тільки ті операції, що можуть бути суміщені у часі без порушення агротехнічних вимог, строків проведення робіт та якості їх виконання.

Комбіновані агрегати створені для того, щоб за один прохід виконати декілька взаємопов'язаних технологічних операцій.

Зазвичай виділяють три основні види комбінованих машин:

- агрегати, що складаються з кількох простих машин, з'єднаних послідовно, кожна з яких виконує свою операцію;
- машини, де окремі робочі органи розташовані один за одним і забезпечують послідовне виконання кількох операцій;
- машини, які мають спеціально розроблений комбінований робочий орган, що поетапно виконує весь технологічний процес.

Комбіновані агрегати та машини, які одночасно обробляють ґрунт і проводять сівбу, поділяють на дві основні групи:

- агрегати, що складаються з окремих машин і знарядь, які при необхідності можна використовувати самостійно;
- спеціалізовані комбіновані машини, в яких складові робочі органи не призначені для окремого застосування без проведення складного демонтажу.

В залежності від видів технологічних операцій, які вони виконують, комбіновані машини поділяють на чотири категорії:

- машини, які поєднують основний і додатковий обробіток ґрунту;
- машини для виконання комплексу передпосівних обробок ґрунту;
- машини, що суміщають обробіток ґрунту із внесенням добрив;
- машини, які одночасно проводять передпосівну обробку ґрунту та сівбу.

Далі розглянемо характеристики машин, які входять до кожної групи.

Машини для суміщення основного та додаткового обробітку ґрунту.

До цієї групи відносять комбінований орний агрегат ПКА, агрегат АКП-2,5,

						<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

плуг ПВН-3-35 з комбінованими корпусами, комбіновану машину АКР-3,6 та ротаційний плуг ПР-2.

Комбінований орний агрегат ПКА використовується для виконання оранки, дроблення грудок ґрунту, ущільнення та вирівнювання його поверхні. Агрегат складається з плуга (переважно моделі ПЛП-6-35) та пристосування ПВР-2,3, яке має дворядний коток. Перший ряд котків утворений вузько-клинчастими дисками-пакувальниками, а другий — кільчасто-шпоровими дисками. На рамі котка встановлено два баластні ящики, маса яких регулює глибину роботи дисків. Під час роботи клинчасті диски розрізають великі грудки, проникають на глибину 10–15 см і ущільнюють глибші шари ґрунту, а кільчасто-шпорові диски остаточно подрібнюють залишки грудок і вирівнюють поверхню. Для семикорпусних плугів використовують ПВР-3,5, а для п'яти- та шестикорпусних — ПВР-2,3.

Комбінований агрегат АКП-2,5 застосовують для основного і передпосівного обробітку без обороту пласта, що особливо актуально для зон з недостатнім зволоженням. Агрегат складається з двох секцій: передньої та задньої. На рамі передньої секції встановлено три дискові батареї (які можуть бути сферичними або голчастими) та три плоскоріжучі лапи. Задня секція обладнана котком-розпушувачем із дворядними кільчасто-шпоровими дисками, вирівнювачем та баластним ящиком. Передня секція навішується безпосередньо на трактор, а задня приєднується до неї причіпним з'єднанням. Дискові батареї рихлять верхній шар ґрунту до 8 см глибини, лапи ріжуть і розпушують ґрунт до 16 см, одночасно знищуючи бур'яни. Зрівнювач вирівнює поверхню поля, а котки розбивають грудки та ущільнюють оброблений шар.

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

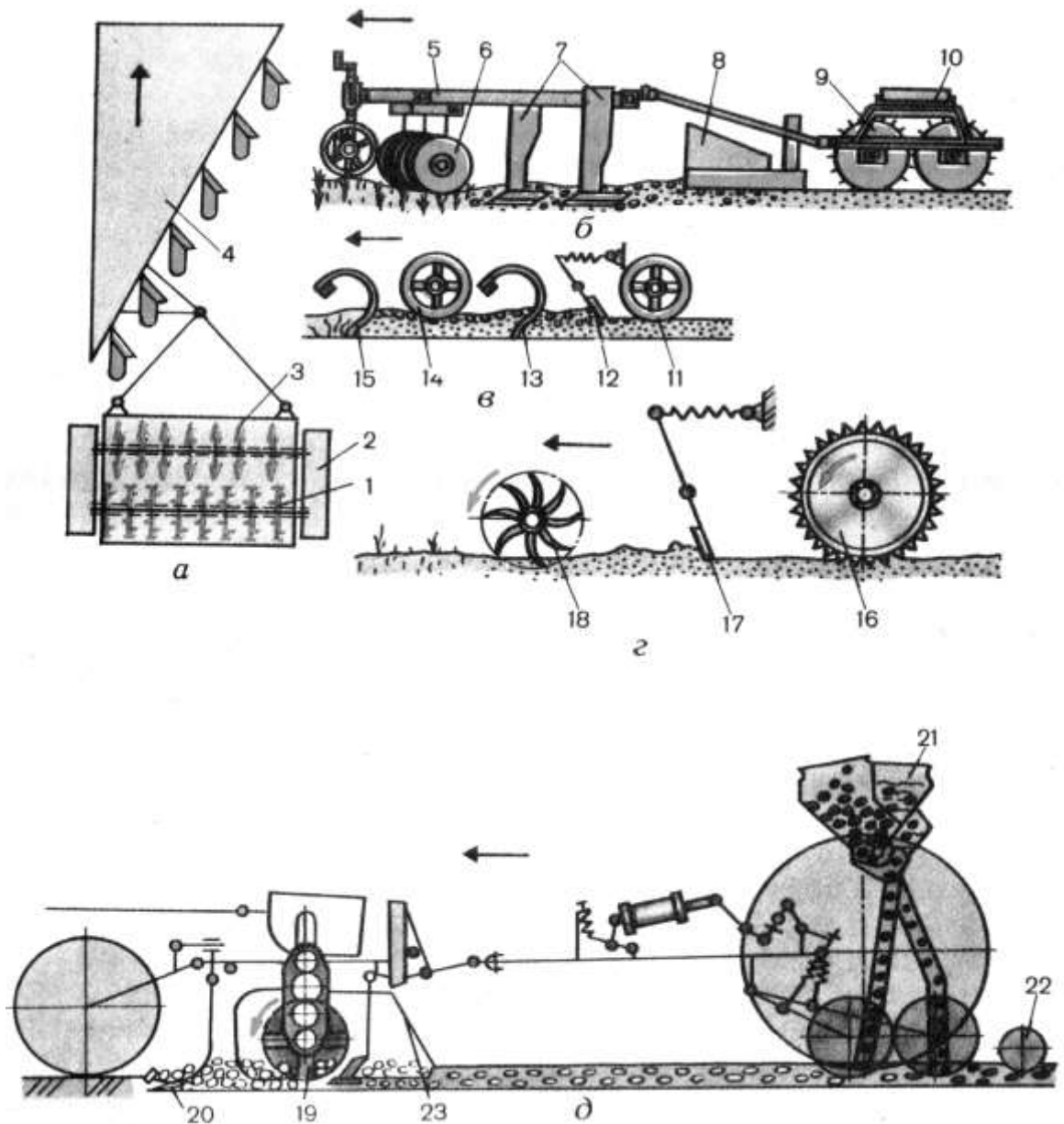


Рис. 2.1 Комбіновані агрегати і машини:

А – ПКА; б – АКП-2,5; в – РВК-3,6; г – ВИП-5,6; д – КА-3,6;

1 і 3– диски; 2 і 10–ящики для баласту; 4– плуг; 5– рама; 6– дискова батарея; 7– плоскоріжучі лапи; 8– вирівнювач; 9, 11, 14, 16 і 22– котки; 12 і 17– вирівнювальні бруси; 13 і 15 – розпушувальні лапи; 18– голчастий диск; 19– фрезерний барабан; 20– універсальна стрілочаста лапа; 21 – сівалка СЗ-3,6; 23– фартух.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КАСБ 00.000 ПЗ

Арк.

Ширина захвату цього агрегату складає 2,5 м, а для його експлуатації застосовують трактори типу ДТ-75В та Т-150К. Для поєднання основних та додаткових етапів обробки ґрунту створюють нові варіанти плугів: із вкороченими полицями, за якими встановлені невеликі фрези; з ножами, що обертаються в горизонтальній площині; або з культиваторами, оснащеними фрезерними робочими органами. Особливо ефективно така техніка працює на важких, запливаючих ґрунтах, а також на полях, призначених для вирощування культур, які потребують ретельної підготовки ґрунту і вологості — таких як картопля, цукровий буряк, овочі та інші вибагливі культури.

До обладнання, що виконує передпосівну підготовку ґрунту, відносять комбіновані агрегати РВК-3,6 і РВК-5,4, машину ВИП-5,6, глибокорозпушуючий фрезерний культиватор КФГ-3,6 і гребенеутворюючий культиватор КГФ-2,8.

Комбіновані агрегати РВК-3,6 та РВК-5,4 (рис. 2.1в) дозволяють за один прохід обробити ґрунт на глибину до 15 см, подрібнити грудки, вирівняти та ущільнити поверхню поля. Ширина захвату відповідно становить 3,6 м та 5,4 м. Конструкція агрегату передбачає послідовне розташування таких робочих органів: перший ряд розпушувальних лап 15 на пружинних стійках, за якими йде передній кільчасто-шпоровий коток 14, що ущільнює ґрунт між лапами; другий ряд лап 13, розташований після котка; далі йде вирівнюючий брус 12 і секції заднього кільчасто-шпорового котка 11.

Глибину роботи регулюють шляхом повороту осі з закріпленими лапами, а висоту та натиск вирівнюючого бруса змінюють за допомогою натяжних пружин. Агрегати РВК-3,6 комплектуються з тракторами МТЗ-80 і ДТ-75В, а РВК-5,4 працює у зв'язці з Т-150К та К-701.

Комбінована машина ВИП-5,6 використовується для передпосівної підготовки ґрунту під вирощування зернових, технічних і овочевих культур. Конструктивно вона складається з трьох секцій, на рамах яких встановлено батареї голчастих дисків 18 (рис. 2.1 г), вирівнюючий брус 17 та кільчастий коток 16, що включає зубчасті та клинчасті диски. За один прохід агрегат

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

подрібнює великі грудки ґрунту, вирівнює поверхню поля і ущільнює верхній шар ґрунту, створюючи оптимальні умови для посіву. Робоча ширина захвату машини становить 5,6 м, при робочій швидкості 6–8 км/год її продуктивність досягає 3,3–4,5 га/год. Агрегатується з тракторами ДТ-75В або МТЗ-80.

Фрезерний культиватор КФГ-3,6 призначений для передпосівної обробки важких, зволжених ґрунтів, зокрема для підготовки полів під посів рису, зернових та інших культур у зонах зрошення. Основною робочою частиною культиватора є фрезерний барабан 19 (рис. 2.1д) діаметром 350 мм, який обладнано фартухом 23, механізмом регулювання глибини та приводом. Конструктивно барабан складається з пустотілого валу з дев'ятьма привареними дисками, на які попарно встановлюють три правих і три лівих Г-подібних ножі. Під час роботи барабан обертається зі швидкістю 480 об/хв, ножі зрізають шар ґрунту, подають його під кожух, де він дробиться внаслідок ударів. Фартух 23 не дозволяє розкидувати ґрунт у сторони, сприяючи вирівнюванню поля. На одній рамі монтують два барабани завдовжки по 1,8 м, які приводяться в рух через зубчасті передачі та трансмісійні вали від кінців агрегату. Глибина обробки становить до 10 см. Агрегатується з трактором Т-150К, ширина захвату — 3,6 м, продуктивність — 2,8 га/год.

До групи машин, що одночасно виконують обробку ґрунту і внесення добрив, належать комбіновані агрегати, які суміщають оранку чи культивацію з підживленням рідкими добривами при вирощуванні технічних та овочевих культур. Такі агрегати складаються з підживлювача-обприскувача ПОМ та плуга або культиватора, на яких закріплено розподільчу штангу. До стійок робочих органів приєднані підживлювальні трубки. Рідкі добрива під тиском надходять до трубок і впорскуються у борозну, яка згодом засипається ґрунтом корпусом плуга. Одночасне внесення аміачних добрив під час обробки зменшує втрати аміаку за рахунок швидкого поглинання його розпушеним ґрунтом.

Комбінована машина МКП-4 виконує одночасно передпосівну обробку ґрунту та внесення основних доз мінеральних добрив на глибину 10–15 см.

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такий підхід дозволяє ефективно готувати поле до посіву з мінімальними витратами часу та ресурсів.

Культиватор-глибокорозрихлювач-підживлювач КПГ-2,2 виконує обробку стерньових полів, поєднуючи розпушення ґрунту з локальним внесенням добрив на глибину до 25 см. Це сприяє покращенню живлення культур і формуванню сприятливого ґрунтового середовища для росту рослин.

Плуг ПРВМ-3, призначений для виноградників, обладнано спеціальним пристроєм, який дозволяє одночасно з обробкою ґрунту вносити мінеральні добрива.

Поєднання передпосівної обробки ґрунту з висівом насіння є особливо ефективним з агрономічної точки зору, оскільки забезпечує потрапляння насіння в добре розпушений та зволожений ґрунт, що значно підвищує дружність сходів. Найпростішим прикладом такої техніки є агрегат, що складається з культиватора КПС-4 та зернової сівалки, а для збільшення ширини захвату застосовують спеціальні зчіпки.

До комбінованих машин цього типу також відносяться сівалка-культиватор СЗС-2,1 та її вдосконалений варіант СЗС-2,1М, луцильник-сівалка ЛДС-6, сівалка-культиватор СГ-4, яка використовується для гребеневого посіву сої та догляду за нею, а також лугові агрегати АПЛ-1,5 і АЛС-2,5.

Особливо ефективно для передпосівної підготовки ґрунтів важкої структури застосовують комбінований агрегат КА-3,6 (рис. 2.1 д), що складається з фрезерного культиватора КФГ-3,6, зчіпного пристрою, зернотукової сівалки СЗ-3,6, прикочувального механізму з клинчастими котками, слідопоказчиків і системи сигналізації. Під час роботи фрезерні ножі 19 розпушують ґрунт, фартух 23 забезпечує вирівнювання поверхні, сівалка 21 висіває насіння та добрива у 24 рядки, загортаючи їх на необхідну глибину, а котки 22 ущільнюють ґрунт у рядках. За потреби, фрезерний культиватор і сівалку можна використовувати окремо.

Робоча ширина агрегату становить 3,6 м, робоча швидкість — 7–9 км/год, продуктивність сягає 2,38 га/год. Агрегується з тракторами Т-150 і Т-150К.

						<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			

Фрезерний культиватор-сівалка КФС-3,6 за один прохід здійснює фрезерування ґрунту, вирівнювання поверхні, висів насіння рису або інших культур, а також прикочування ґрунту. Машина складається з двох основних частин: ґрунтообробної та посівної. Ґрунтообробна частина включає елементи фрезерного культиватора КФГ-3,6 і має спеціальну раму з автоматичною навіскою, що спирається на два опорно-ходові колеса.

Посівна частина представлена робочими органами рисової сівалки СРН-3,6, змонтованими на окремій рамі. Вона кріпиться до рами ґрунтообробної частини з можливістю демонтажу, що дає змогу використовувати культиватор окремо для суцільного фрезерування ґрунту на глибину до 10 см.

Під час руху ножі фрезерних барабанів розпушують ґрунт на глибину 4–5 см, а фартухи і лижі сошників вирівнюють поверхню. Насіння подається висівними апаратами у борозни, а сошники, що рухаються за лижами, закладають насіння на глибину від 5 до 40 мм. Після цього за ними рухаються гладкі циліндричні котки, які вирівнюють і ущільнюють ґрунт.

Регулювання норми висіву насіння — від 66 до 458 кг на гектар — здійснюється шляхом зміни робочої довжини катушок та зміни зірочок ланцюгової передачі, що передає рух від прикочуючих котків до валів висівних апаратів. Машина висіває 24 рядки з шириною міжрядь 15 см, а об'єм насінного ящика становить 520 дм³. Ширина захвату КФС-3,6 — 3,6 м, робоча швидкість досягає 7,5 км/год, продуктивність — близько 2 га/год. Машина агрегатується з тракторами Т-150 і Т-150К [7].

Висновки:

- Для досягнення максимального ефекту від використання комбінованих машин слід дотримуватися певних вимог:
- Енергоємність технологічного процесу, що виконується комбінованою машиною, має бути нижчою за сумарну енергоємність при застосуванні окремих одноопераційних машин.
- Продуктивність комбінованих машин повинна перевищувати продуктивність комплексу машин, які вони замінюють.

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вартість експлуатації комбінованих машин має бути не вищою за витрати на роботу комплексу одноопераційних машин або, принаймні, на тому ж рівні.
- Комбіновані машини повинні бути адаптовані для роботи в несприятливих кліматичних і ґрунтових умовах так само добре, як і одноопераційні машини, які вони замінюють.
- Використання комбінованих машин має сприяти зменшенню втрат врожаю, або хоча б забезпечувати той самий рівень врожайності, але з меншими трудовими та фінансовими затратами.

2.2 Пропозиції щодо вдосконалення конструкції комбінованого агрегату

Згідно з агротехнічними вимогами [2,3], сівбу цукрових буряків слід виконувати у добре підготовленому вологому ґрунті не пізніше ніж через дві години після проведення поверхневого обробітку ґрунту.

Саме ця умова є ключовою, і саме тому на окремих етапах застосовуються різні агрегати. Сучасний комбінований агрегат складається з машини ВИП-5,6 та сівалки ССТ-12Б.

Машина ВИП-5,6 має голчастий диск, вирівнювач та кільчасто-зубовий коток, які встановлені на одній рамі, утворюючи секцію. Ця машина складається з однієї передньої та двох задніх секцій, шарнірно з'єднаних між собою.

Однак сівалку безпосередньо до комбінованого агрегату приєднати неможливо, бо відсутня рама з механізмом зчеплення. Сівалка ССТ-12Б є навісною і приводиться в дію від опорно-привідних коліс під час роботи.

Щоб забезпечити з'єднання агрегату з сівалкою, пропонується розробити конструкцію вирівнювача, в якій робочі органи будуть закріплені на двох бокових та одній центральній рамі. Бокові рами (див. графічну частину проекту) шарнірно з'єднані з центральною за допомогою пальців і можуть переводитись у робоче або транспортне положення за допомогою

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гідроциліндрів. Для фіксації в піднятому положенні передбачено спеціальне вухно на рамі, у яке вставляється палець.

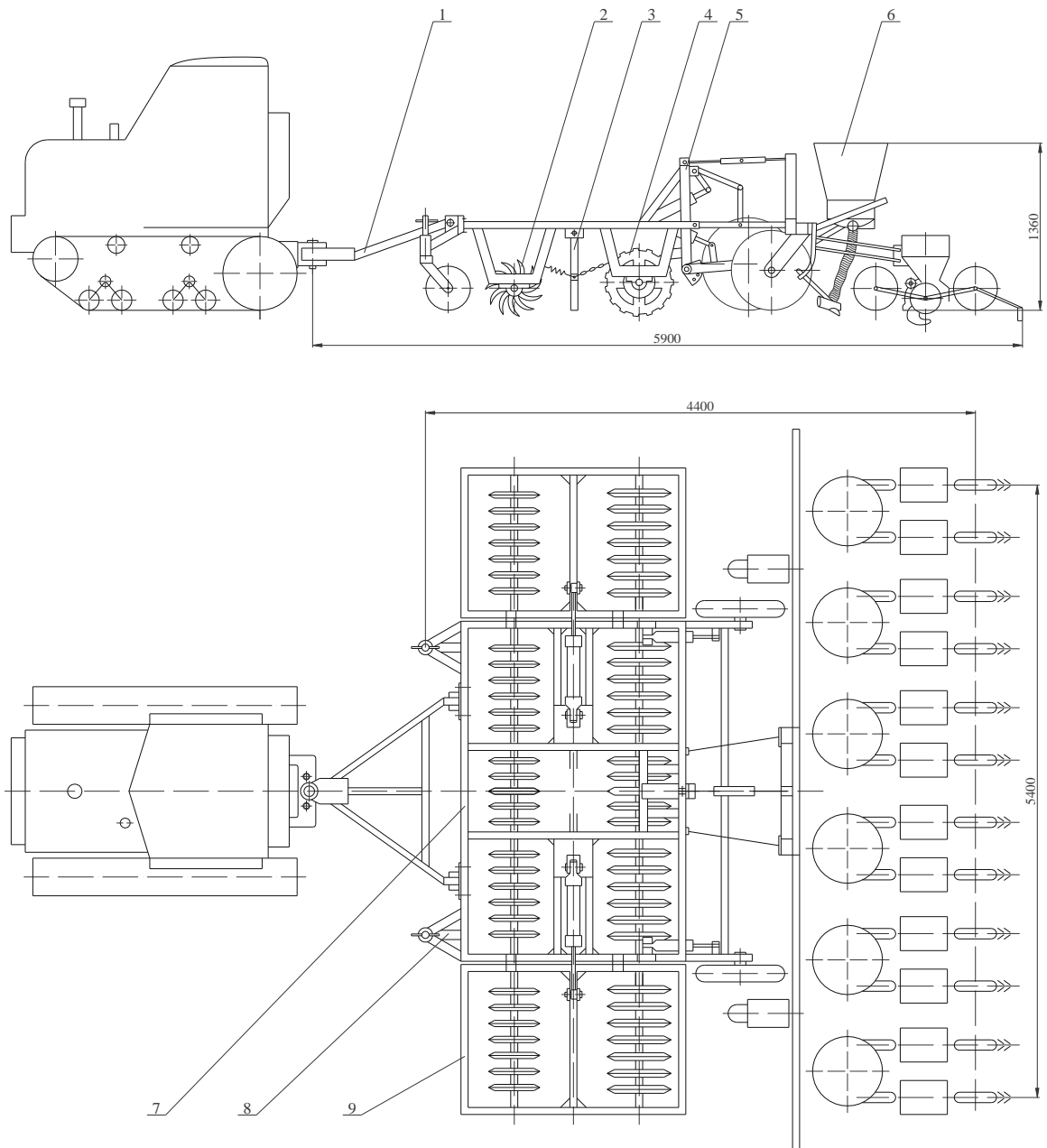


Рис. 2.2 Схема комбінованого агрегату:

1 – сниця, 2 – обертова мотика, 3 – шлейф, 4 – коток, 5 – навіска, 6 – сівалка, 7 – центральна рама, 8 – опорні колеса, 9 – бокова секція

До задньої частини центральної рами прикріплено механізм, який дозволяє переводити сівалку між робочим і транспортним положеннями. Цей механізм включає гідроциліндр, центральну тягу, нижні тяги та розкоси.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КАСБ 00.000 ПЗ

Арк.

На центральній рамі встановлено два колеса, які також переводяться у робоче або транспортне положення за допомогою гідроциліндрів.

У передній частині центральної рами знаходяться два самонапрямні колеса, що регулюють глибину роботи обертової мотики, вирівнювача і котків під час роботи агрегату. Коли агрегат переводять у транспортне положення, за допомогою гвинтового механізму колеса опускають вниз відносно рами, що забезпечує потрібну відстань від мотики до землі.

Під час роботи комбінованого агрегату гідроциліндри переводять опорні колеса у робоче положення. Потім гідроциліндром механізму, який з'єднує вирівнювач із сівалкою, сівалку переводять у робоче положення. Переведення бокових секцій здійснюють двома гідроциліндрами, розміщеними на центральній рамі.

Під час руху голчасті диски вільно обертаються і розбивають грудочки ґрунту, що накопичуються перед вирівнювачем. Вирівнювач зрізує мікронерівності, зароблює виїмки і колію, які залишив трактор. Далі по ґрунту котяться кільчасто-зубові котки, які розбивають залишені грудочки та ущільнюють поверхневий шар ґрунту.

Останнім елементом агрегату є сівалка, яка висіває насіння у підготовлений ґрунт.

Завдяки використанню цього комбінованого агрегату сівба відбувається у добре розпушений ґрунт, на потрібну глибину заробки насіння. Верхній шар ґрунту має достатню вологість і дрібногрудковату структуру, що позитивно впливає на посівний шар. Також підвищується ефективність знищення бур'янів, покращується мікробіологічна активність і живильний режим ґрунту.

Крім того, агрегат дозволяє значно заощаджувати енергетичні і матеріальні ресурси, адже сівба виконується швидко з меншим використанням машинно-тракторних агрегатів.

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Технологічні розрахунки

3.1.1 Визначення параметрів системи навіски сівалки

Мета розрахунку полягає у визначенні кінематичних параметрів системи навіски, яка відповідає за переведення сівалки у транспортне положення. Також потрібно розрахувати зусилля, що діє на шток гідроциліндра, підібрати відповідний діаметр штока, визначити діаметр стержня гвинтової стяжки та перевірити її різьбові елементи на допустимі напруження. Окрім того, необхідно провести перевірку міцності зварного з'єднання.

Для виконання розрахунків використаємо схему навіски та сівалки, наведені на рисунку 3.1.

Для визначення зусиль складаємо план швидкостей (рис. 3.1) у масштабі, де довжини ланок механізму навіски співпадають із довжинами векторів швидкостей відповідних точок. Вектори швидкостей кінців ланок повертаються на 90° відносно їх напрямку руху.

З урахуванням плану швидкостей і напрямку діючих сил обчислюємо зусилля, необхідне для піднімання плуга на штоку гідроциліндра в робочому та транспортному положеннях. При цьому враховуємо, що на робочих органах сівалки залишається невелика кількість землі під час піднімання.

Масу сівалки визначимо за формулою:

$$G_C = G_D + G_H + G_M + G_T, \quad (3.1)$$

де G_D – вага мінеральних добрив, Н;

G_H – вага насіння, Н;

G_M – вага машини, Н;

G_T – вага ґрунту, Н.

Тоді,

$$G_C = 1680 + 12040 + 2160 + 100 = 15980 \text{ Н.}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

КАСБ 00.000 ПЗ

Арк.

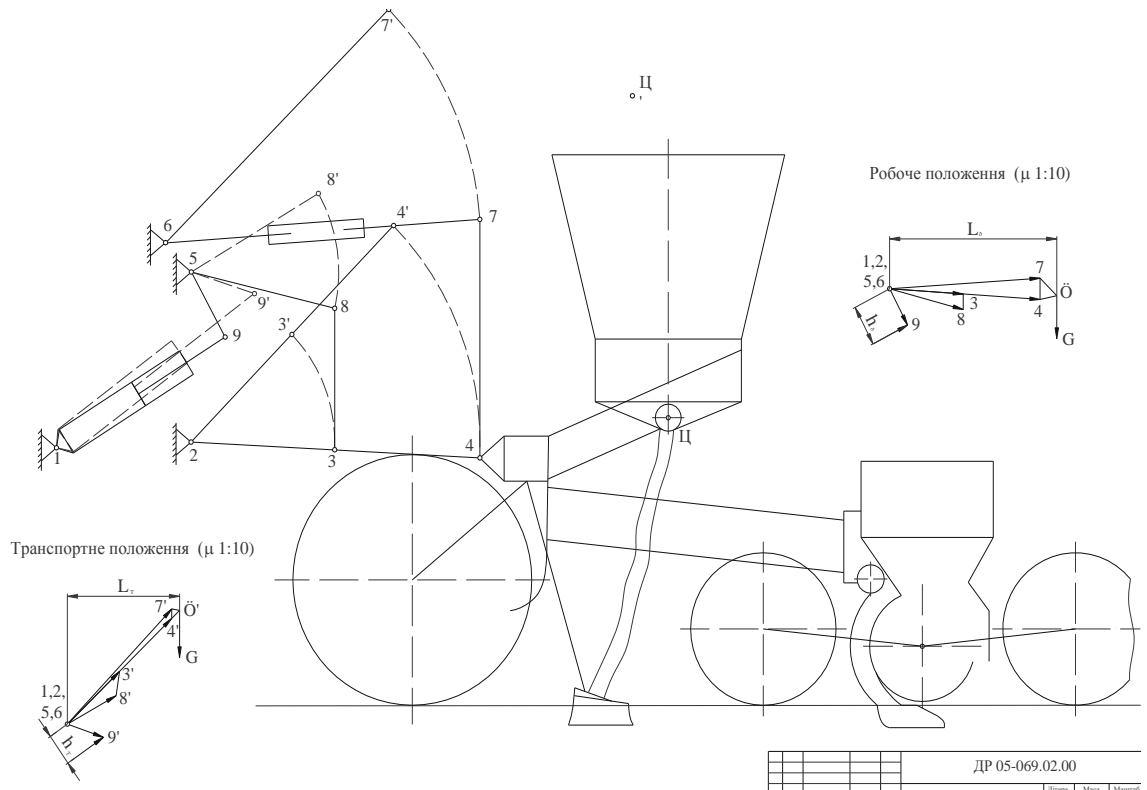


Рис. 3.1 Силовий аналіз

Згідно з планом швидкостей (див. рис. 3.1) зусилля на штоку гідроциліндра визначається з рівняння [9]

$$P_P = \frac{G_C \cdot L_P}{h_P}, \quad (3.2)$$

де h_P , L_P – плече сили P_P і G_C відносно полюса, Н.

Підставивши дані, отримаємо

$$P_P = \frac{15980 \cdot 0,9}{0,2} = 71910 \text{ Н.}$$

Зусилля піднімання сівалки для транспортного положення але без врахування ваги ґрунту визначаємо аналогічно за формулою [9]:

$$P_T = \frac{G_C \cdot L_T}{h_T}, \quad (3.3)$$

де h_T , L_T – плече сили P_T і G_C відносно полюса, Н.

Підставивши дані, одержимо

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$P_T = \frac{15980 \cdot 0,6}{0,16} = 59550 \text{ Н.}$$

Для заданих значень сили, що діє на шток, та надійної роботи механізму піднімання сівалки вибираємо циліндр ЦС-110 [8].

Визначаємо тиск масла у гідросистемі, необхідний для піднімання сівалки в різних положеннях за формулою [9]:

$$p = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot D^2}, \quad (3.4)$$

де D – діаметр силового гідроциліндра, мм.

Підставивши дані, підрахуємо тиск:

- для робочого положення сівалки

$$p = \frac{4 \cdot 71910}{3,14 \cdot 110^2} = 7,6 \text{ МПа};$$

- для транспортного положення сівалки

$$p = \frac{4 \cdot 59550}{3,14 \cdot 110^2} = 6,3 \text{ МПа.}$$

Отримані значення підтверджують, що система буде надійно працювати, а вибраний гідроциліндр забезпечить переведення сівалки з робочого у транспортне положення.

3.2 Енергетичний розрахунок агрегату

Агрегат н включає обертову мотику, кільчасто-зубові котки, вирівнювач та сівалку. Агрегується з трактором ДТ-75-М як одна сільськогосподарська машина.

Виходячи з технічно допустимої швидкості на виконання операцій, вибираємо 4-ту передачу трактора, для якої [6]:

- тягове зусилля на гаку $P_T = 24,3$ кН;

- транспортна швидкість $V_T = 7,3$ км/год.

Визначаємо тяговий опір агрегату за формулою [6]:

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{АГР.} = R_K + R_M + R_B + R_C, \quad (3.5)$$

де R_K – опір переміщенню котків, кН;

R_M – опір переміщенню мотики, кН;

R_B – опір переміщенню вирівнювача, кН;

R_C – опір переміщенню сівалки, к Н.

Опір переміщенню котків визначаємо за формулою [6]

$$R_K = n \cdot B_P \cdot K, \quad (3.6)$$

де n – кількість машин в агрегаті, 1 шт.;

B_P – робоча ширина захвату машини, $B_P=5,4$ м;

K – питомий опір машини, $K=0,6$ кН/м.

Підставивши числові дані, одержимо

$$R_K = 1 \cdot 5,4 \cdot 0,6 = 3,24 \text{ кН.}$$

Аналогічно визначаємо тяговий опір інших машин комбінованого агрегату з урахуванням їх питомого опору:

- вирівнювача

$$R_B = 1 \cdot 5,4 \cdot 1,2 = 6,48 \text{ кН;}$$

- обертової мотики

$$R_M = 1 \cdot 5,4 \cdot 1,3 = 7,02 \text{ кН;}$$

- сівалки

$$R_C = 1 \cdot 5,4 \cdot 1,2 = 6,48 \text{ кН.}$$

Підставивши отримані значення у формулу (3.1), отримаємо

$$R_{АГР.} = 3,24 + 6,48 + 7,02 + 6,48 = 23,22 \text{ кН.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання зусилля на гаку трактора за формулою [6]

$$\eta = \frac{R_{АГР.}}{P_T}, \quad (3.7)$$

У числовому вигляді

$$\eta = \frac{23,22}{24,3} = 0,95.$$

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт використання потужності трактора визначимо за формулою [6]

$$\eta_P = \frac{N_{ГАК.}}{N_E}, \quad (3.8)$$

де $N_{ГАК.}$, N_C – відповідно гакова та ефективна потужність двигуна, кВт.

Потужність на гаку трактора визначимо за формулою:

$$N_{ГАК.} = V_P \cdot R_{АГР.}, \quad (3.9)$$

де V_P – робоча швидкість агрегату, м/с;

Робочу швидкість можна визначити за формулою:

$$V_P = V_T(1 - \delta), \quad (3.10)$$

де δ – коефіцієнт буксування ходової частини, (для гусеничних тракторів $\delta=0,1$).

Тоді,

$$V_P = 7,3(1 - 0,1) = 6,57 \text{ км/год} = 1,8 \text{ м/с.}$$

Відповідно,

$$N_{ГАК.} = 1,8 \cdot 23,22 = 41,7 \text{ кВт.}$$

Згідно формули (3.4) обчислюємо

$$\eta_P = \frac{41,7}{66} = 0,63.$$

Висновок: проведено обґрунтування складу комбінованого посівного агрегату, а також визначено енергетичний засіб для роботи із запропонованим агрегатом.

3.3 Розрахунок на міцність деталей і вузлів

3.3.1 Розрахунок гвинтової стяжки

Метою цього розрахунку є визначення необхідного діаметра гвинта, що використовується в стяжці верхньої поздовжньої тяги системи навіски. Оскільки гвинти гвинтової стяжки (див. рис. 3.4) працюють під дією осьових сил розтягу, розрахунок їхнього діаметра доцільно виконувати за наступною розрахунковою формулою [8]:

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = 1,3 \sqrt{\frac{P}{[\tau]_P}}, \quad (3.5)$$

де P – сила, що діє на гвинт, Н;

$[\tau]_P$ – допустиме напруження розтягу, Н/мм², яке визначається з формули [8]

$$[\tau]_P = \frac{\sigma_T}{[k]}, \quad (3.6)$$

де σ_T – межа текучості матеріалу, $\sigma_T = 780 \text{ Н/мм}^2$;

$[k]$ – запас міцності.

Підставивши дані, отримаємо

$$[\tau]_P = \frac{780}{3} = 260 \text{ МПа.}$$

Тоді,

$$d = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{74910}{260}} = 21,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d = 22 \text{ мм.}$

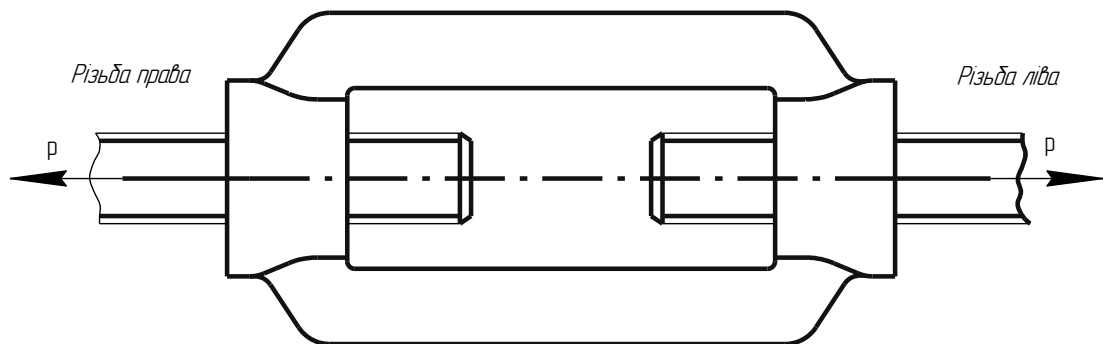


Рис. 3.2 Розрахункова схема гвинтової стяжки

Гвинтова стяжка кріпиться до вуха кронштейна за допомогою пальця, тому необхідно розрахувати його діаметр.

3.3.2 Розрахунок пальця кріплення гвинтової стяжки

						<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Мета розрахунку – визначити діаметр пальця кріплення гвинтової стяжки поздовжньої тяги до кронштейна рами.

Згідно рис. 3.3 на палець діє сила P , товщина вуха кронштейна, $h = 12$ мм.

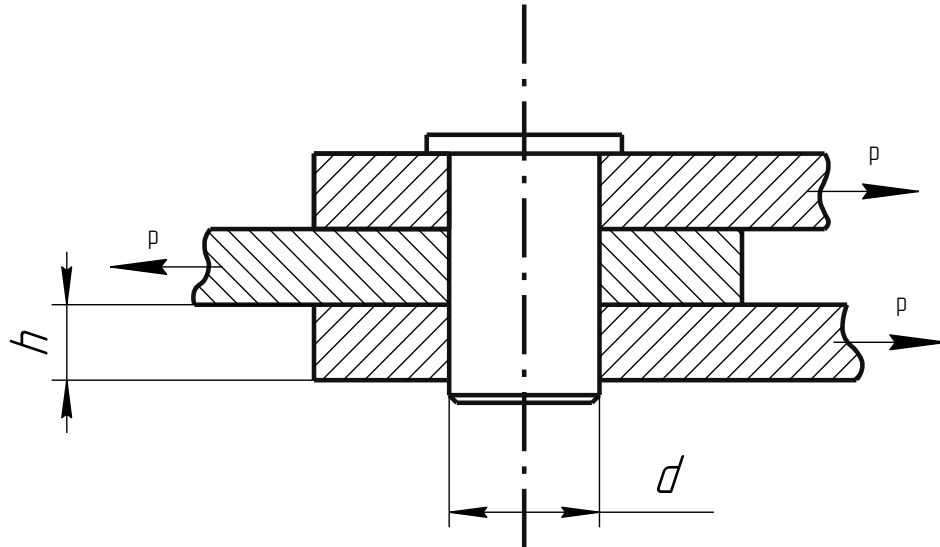


Рис. 3.3 Розрахункова схема пальця кріплення гвинтової стяжки поздовжньої тяги до кронштейна рами

Визначаємо діаметр пальця з умови міцності на зріз [8] у найбільш небезпечному перерізі:

$$d \geq 2 \sqrt{\frac{4P}{n \cdot \pi [\tau]_{3P}}}, \quad (3.7)$$

де P – сила, що діє на палець, Н;

n – кількість площин зрізу, $n=2$;

$[\tau]_{3P}$ – допустиме напруження зрізу, МПа.

Згідно [8] рекомендовано прийняти допустиме напруження на зріз за формулою

$$[\tau]_{3P} = (0,2 \div 0,3) \cdot \sigma_T. \quad (3.8)$$

Підставивши числові дані, отримаємо

$$[\tau]_{3P} = (0,2 \div 0,3) \cdot 780 = (156 \div 234) \text{ МПа.}$$

Приймаємо $[\tau]_{3P} = 190$ МПа.

Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

КАСБ 00.000 ПЗ

Арк.

Тоді,

$$d \geq \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 71910}{2 \cdot 3,14 \cdot 190}} = 15,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d = 16 \text{ мм}$.

Перевіряємо міцність з'єднання на зминання за формулою [8]:

$$\sigma_{3M} = \frac{P}{A_{3M}} = \frac{P}{2d \cdot h} \leq [\sigma]_{3M}, \quad (3.9)$$

де A_{3M} – площа зминання мм^2 ;

h – висота пластини, $h = 12 \text{ мм}$

$[\sigma]_{3M}$ – допустиме напруження зминання, $[\sigma]_{3M} = 200 \text{ МПа}$.

Підставивши дані, отримаємо

$$\sigma_{3M} = \frac{71910}{2 \cdot 16 \cdot 12} \approx 195 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується, а отже надійність роботи даного вузла забезпечена.

3.3.3 Розрахунок параметрів пружини

Для забезпечення необхідного тиску робочих органів шлейфа на поверхню ґрунту, його конструкція передбачає використання підпружиненої системи (див. графічну частину проекту). У запропонованій конструкції пружина працює в режимі розтягування. Для проведення розрахунку параметрів пружини використовується відповідна розрахункова схема (рис. 3.4).

Діаметр дроту, з якого виготовлятиметься пружина, обчислюється за наступною формулою [9]:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{k \cdot P_{MAX} \cdot c}{[\tau]_{KP}}}, \quad (3.10)$$

де k – коефіцієнт, що враховує кривизну витків, $k = 1,37$;

c – індекс пружини [9], $c = 5$;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КАСБ 00.000 ПЗ

Арк.

$[\tau]_{KP}$ – допустиме напруження кручення, згідно [12] $[\tau]_{KP}=560\text{Н/мм}^2$.

Підставивши дані, одержимо

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{1,37 \cdot 3240 \cdot 5}{560}} = 10,0 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d = 10\text{мм}$.

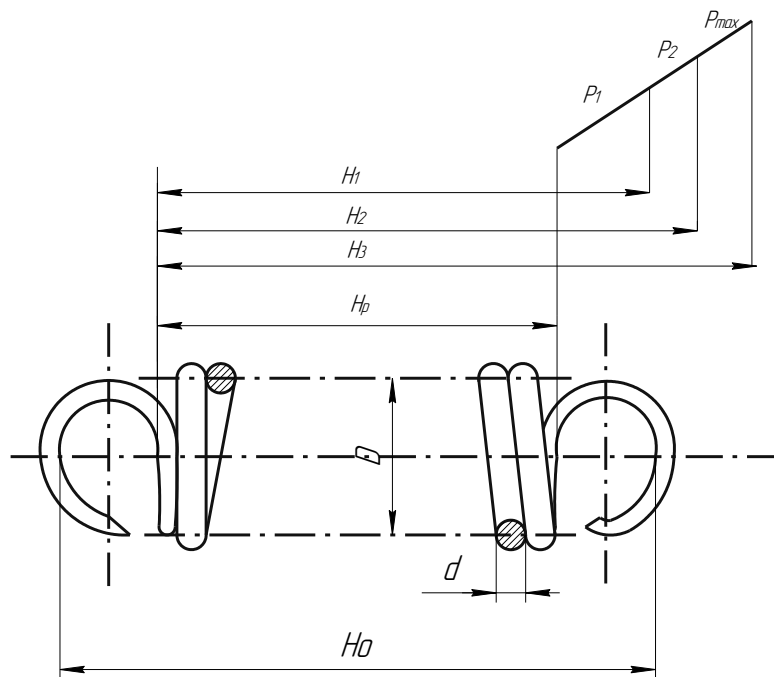


Рис. 3. 4 Розрахункова схема пружини розтягу

Середній діаметр пружини визначається із залежності [9]

$$D = c \cdot d. \quad (3.11)$$

$$D = 5 \cdot 10 = 50 \text{ мм.}$$

Вибираємо довжину робочої частини пружини з конструктивних міркувань, $H_p = 100\text{мм}$.

Крок пружини розтягу відповідає діаметру її витка і становить $h = 10\text{мм}$.

Кількість робочих витків пружини знаходимо за формулою [9]

$$i = H_p / h. \quad (3.12)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КАСБ 00.000 ПЗ

Арк.

$$i = 100/10 = 10.$$

Довжина пружини розтягу у ненавантаженому стані визначається за формулою [9]:

$$H_0 = i \cdot d + 2 \cdot h_{\text{ПР}}, \quad (3.13)$$

де $h_{\text{ПР}}$ – висота одного витка, яку знаходимо з виразу

$$h_{\text{ПР}} = (0,5 \div 1,0) \cdot D. \quad (3.14)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$h_{\text{ПР}} = (0,5 \div 1,0) \cdot 50 = 25 \div 50 \text{ мм.}$$

Відповідно

$$H_0 = 10 \cdot 10 + 2 \cdot 50 = 200 \text{ мм.}$$

Жорсткість пружини визначається за формулою:

$$Z = \frac{Z_1}{i}, \quad (3.15)$$

де Z_1 – жорсткість одного витка, $Z_1 = 800 \text{ Н/мм.}$

Тоді,

$$Z = \frac{800}{10} = 80 \text{ Н/мм.}$$

Сила пружини при робочій деформації визначається за формулою [9]:

$$P_2 = P_3 \cdot (1 - \delta), \quad (3.16)$$

де δ – відносний інерційний зазор, для пружини розтягу $\delta = 0,05 \div 0,1$.

Тоді,

$$P_2 = 3240 \cdot (1 - 0,1) = 2916 \text{ Н.}$$

Сила пружини при попередній деформації визначається із залежності [9]

$$P_1 = P_2 - (Z \cdot h). \quad (3.17)$$

Тоді,

$$P_1 = 2916 - (80 \cdot 10) = 2116 \text{ Н.}$$

Перевіряємо число робочих витків за формулою

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{Z_1}{Z}. \quad (3.18)$$

Тобто,

$$n = \frac{800}{80} = 10.$$

Попередня деформація пружини визначається як

$$F_1 = \frac{P_1}{Z}. \quad (3.19)$$

Тобто,

$$F_1 = \frac{2116}{80} = 26,45 \text{ мм.}$$

Робоча деформація пружини визначається з виразу [9]

$$F_2 = \frac{P_2}{Z}. \quad (3.20)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$F_1 = \frac{2916}{80} = 36,45 \text{ мм.}$$

Максимальна деформація пружини визначається за формулою [9]

$$F_3 = \frac{P_{MAX}}{Z}. \quad (3.21)$$

Тобто,

$$F_3 = \frac{3240}{80} = 40,5 \text{ мм.}$$

Довжина пружини при попередній деформації з врахуванням зачепів [9]

$$H_1 = H_0 + F_1. \quad (3.22)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$H_1 = 200 + 26,45 = 226,45 \text{ мм.}$$

Довжини пружини при робочій деформації визначається з виразу [9]

$$H_2 = H_0 + F_2. \quad (3.23)$$

Тобто,

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_2 = 200 + 36,45 = 236,45 \text{ мм.}$$

Довжина дроту для виготовлення пружини визначається за формулою[9]:

$$L = \frac{\pi D \cdot i}{\cos \alpha} + 2 \cdot l_{\text{ПР}}, \quad (3.24)$$

де $l_{\text{ПР}}$ – довжина дроту для одного причепа, $l_{\text{ПР}}=108,4\text{мм}$;

α – кут піднімання витків, $\alpha=10 \div 12^\circ$.

Тоді,

$$L = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 10}{\cos 10^\circ} + 2 \cdot 108,4 = 1818,9 \text{ мм.}$$

Таким чином, вибираємо для даного вузла пружину розтягу № 210 I класу, розряду 3, матеріал пружини сталь 50ХФА твердістю НРС 44...50 (ДСТУ 13768-93).

Масу пружини визначаємо за формулою [9]:

$$Q = 19,25 \cdot 10^{-6} \cdot D \cdot d^2 \cdot n, \quad (3.25)$$

де n – повна кількість витків.

Тоді,

$$Q = 19,25 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10 = 0,96 \text{ кг.}$$

Об'єм, який займає пружина, визначаємо за формулою

$$W = 0,758 \cdot D^2 \cdot H. \quad (3.26)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$W = 0,758 \cdot 50^2 \cdot 226,45 = 429122,7 \text{ мм}^3.$$

Виконаємо перевіорочний розрахунок пружини. Основна мета цього етапу – переконатися в правильності вибору окремих геометричних параметрів пружини, а також перевірити, чи не перевищуються допустимі напруження на кручення при роботі пружини.

Жорсткість пружини визначаємо за формулою [9]

$$Z = \frac{P_1}{F_1} = \frac{P_2}{F_2} = \frac{P_{\text{MAX}}}{F_3} = \frac{1000 \cdot d^4}{D^3 \cdot n}. \quad (3.27)$$

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши дані, одержимо

$$Z = 0,08 = 0,08 = 0,08 = 0,08.$$

Як видно з розрахунків, жорсткість вибраної пружини однакова з розрахунковим значенням, тому її підібрано правильно.

Напруження при крученні визначимо за формулою [9]:

$$\tau_{KP} = K \frac{8P_{MAX} \cdot D}{\pi \cdot d^3}, \quad (3.28)$$

де K – поправочний коефіцієнт, який визначається із залежності [9]

$$K = \frac{4c \cdot 1}{4c \cdot 4} + \frac{0,615}{c}. \quad (3.29)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$K = \frac{4 \cdot 5 \cdot 1}{4 \cdot 5 \cdot 4} + \frac{0,615}{5} = 1,31.$$

Тоді,

$$\tau_{KP} = 1,31 \cdot \frac{8 \cdot 3240 \cdot 50}{3,14 \cdot 10^3} = 54,01 \text{ Н/мм}^2.$$

Отримане значення відрізняється від табличного на 8,6 %, що є допустимим відхиленням.

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглядається комбінований агрегат, що одночасно виконує передпосівну обробку ґрунту та сівбу цукрових буряків.

Запропонована конструкція базується на доопрацюванні існуючих машин ВИП-5,6 та сівалки ССТ-12Б для їх об'єднання в єдиний агрегат. Для цього робочі елементи вирівнювача встановлюються на центральну раму та дві бокові секції, які шарнірно закріплюються на рамі, а сівалка кріпиться до центральної рами через спеціальну навіску.

У ході роботи виконано розрахунки основних параметрів робочих органів агрегату. Результати показали, що для стабільної роботи агрегату та можливості переведення його з робочого у транспортне положення на раму зчпного механізму потрібно встановити гідроциліндр ЦС-110-560 з діаметром 110 мм. Для регулювання нахилу вирівнювача передбачено використання пружини № 210 з дротом діаметром 10 мм і зовнішнім діаметром 60 мм. З'єднання гвинтової стяжки поздовжньої тяги з кронштейном рами здійснюється пальцем діаметром не менше 16 мм.

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування : підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. „Машини та обладн. с.-г. вир-ва” / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва/ П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. Київ : Урожай, 2001. 384 с.

2. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г.Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004.- 544 с.

3. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив: навч. посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. Х.: Мачулін, 2016. 244 с.

4. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посібник для виконання курсових проектів з розробки с.-г. техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» / І.М. Бендера, Я.В. Козій, А.В. Рудь та ін. ; за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. 640 с.

5. Примак І.Д. та ін. Буряківництво. Київ : Колобіг, 2009. 460 с.

6. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві / За ред. В.Ю.Ільченка. Київ: “Урожай”, 1993. 286 с.

7. Ільченко В.Ю. та ін. Практикум з використання машин у рослинництві. Дніпропетровськ, 2002.

8. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : підручник. Київ : Вища школа, 1993. 556 с.

9. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посібник для студ. машинобуд. спец. усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					<i>КАСБ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		