

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

"Удосконалення комбінованого ґрунтообробного агрегату з
обґрунтуванням параметрів робочих органів"

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи ГМ-22М-1.1
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____ Лелека Дмитро Олександрович
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____Дмитро ПЕТРЕНКО
« ____ » _____ 2024 р.
Рецензент Руслан КІРЧУК

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			КГА 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
				<u>Документація</u>		
				<u>по складальних одиницях</u>		
A1			КГА 00.000 СК	Комбінований ґрунтобробний агрегат	1	
A1			КГА 00.010 СК	Лапа в зборі	1	
				<u>Документація по деталях</u>		
A2			КГА 00.010.601	Стояк	1	
A3			КГА 00.010.604	Підресорник	1	
A4			КГА 00.070.410	Кронштейн	1	
A4			КГА 00.070.413	Кронштейн загортачів	1	
				<u>Документація з</u>		
				<u>наукової частини</u>		
A1			КГА 00.001 НЧ	Обґрунтування конструкції лапи	1	
A1			КГА 00.002 НЧ	Дослідження роботи лапи	1	
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	КГА 00.000 ВР Відомість роботи ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.1	
Розробив	Лелека					
Перевірів	Петренко					
Н. контр.	Мачок					
Затверди	Леценко					

Зміст

Номер розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	ВСТУП	
2	НАУКОВА ЧАСТИНА	
3	ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	
5	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	
6	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	
-	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	
-	ДОДАТКИ	

1. ВСТУП

Сучасні системи землеробства весь час видозмінюються, проте одна з ключових операцій – основний обробіток ґрунту, залишається практично незмінним. Незважаючи на впровадження систем прямого посіву, культура землеробства все ж потребує виконання періодичного основного обробітку ґрунту, що дозволяє зменшити хімічне навантаження на його біоценоз та покращити його фізико-технологічні властивості. Серед традиційних знарядь для виконання основного обробітку не можна не назвати оранку плугами, проте останнім часом все більшої популярності набувають різноманітної конструкції глибокорозпушувачі, плоскорізи, важкі луцильники, борони тощо. Деяка відмова від оранки пов'язана з підвищеною енергоємністю даного знаряддя, перевершенням негативних впливів на ґрунтове середовище (утворення підорної підшви, схильність оброблених полів до вітро- і гідроерозії) над корисністю (заробляння рослинних решток, боротьба з бур'янами, якісне глибоке перемішування тощо). Крім того, зорані землі потребують додаткового обробітку ґрунту для вирівнювання профілю поля, що знову ж таки призводить до підвищених енерговитрат, переущільнення, витрат на придбання техніки і часу.

Виробники сільськогосподарської техніки весь час знаходяться в пошуку альтернативних засобів основного обробітку ґрунту, які б відповідали сучасним вимогам до екології ґрунтів та забезпечували при цьому якісний обробіток. Саме тому дана робота присвячена питанню створення та обґрунтування комбінованого ґрунтообробного знаряддя для виконання основного обробітку ґрунту, яке здатне якісно виконувати декілька операцій з мінімальними енергетичними витратами.

					КГА 00.000 ПЗ										
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка					Літ.		Аркуш		Аркушів	
Розроб.	Лелека														
Перев.	Петренко														
Н.контр.	Мачок														
Затвер.	Лещенко				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.1										

2. НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування напрямку досліджень

Як зазначалось вище, пріоритетним напрямком сьогоденних пошуків нових конструкцій ґрунтообробних знарядь, поряд з якісним виконанням заданих функцій, постає і питання енергоощадливості. Тому увага зосередження на конструкції комбінованих і універсальних знарядь, які здатні, залежно від умов, виконати по-перше необхідний вид обробітку і по-друге, забезпечити комплексне виконання поставленої задачі, тобто сумістити виконання декількох операцій одним знаряддям або на одній конструктивній базі. Це дозволяє забезпечити зменшення енергоємності і трудомісткості виконання операцій, а також сприяє зменшенню ущільнення ґрунтового середовища за рахунок зменшення кількості проходів агрегату.

Розглянемо найбільш популярні конструкції ґрунтообробних агрегатів комбінованого типу, які пропонуються як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками сільськогосподарської техніки.

Серед підприємств центрального регіону України найбільш відомими є ТОВ АК «Фаворит» [7], яка пропонує для основного обробітку ґрунту лінійку причіпних культиваторів для суцільного обробітку КПФ APOLLO (рис. 2.1) шириною захвату 4,0 і 8,0 м.



Рис. 2.1 – Культиватор КПФ 4000 APOLLO від ТОВ АК «Фаворит» [7]

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Даний культиватор здатний виконати як суцільний обробіток ґрунту, так і передпосівне розпушування. Основні робочі органи представляють собою стрілоччасті лапи, які працюють до 15 см і здійснюють підрізання коренів бур'янів та шару ґрунту у горизонтальному напрямку з кришенням до дрібнокомкуватого стану. В якості додаткових робочих органів містить пружні борони та прикочуючі котки.

Іншим підприємством, яке пропонує універсальні комбіновані знаряддя є компанія “DEMETRA” [8], серед продукції якого є культиватори для суцільного обробітку ґрунту серії КПСО (рис. 2.2), так і глибокорозпушувачі серії ГРД (рис. 2.3).



Рис. 2.2 – Культиватор серії КПСО від компанії “DEMETRA” [8]



Рис. 2.3 – Глибокорозпушувач ГРД-5 від компанії “DEMETRA” [8]

Культиватори КПСО призначені як для основного на глибину до 12 см, так і передпосівного обробітку до 5 см, в якості основних робочих органів обладнанні стрічастими лапами 260 см на пружних S-подібних стійках «Bellota». В якості додаткових робочих органів також пропонують пружинні борони та планчасті борони для вирівнювання поверхні поля. Натомість глибокорозпушувачі серії ГРД завдяки робочим чизельним знаряддям здатні обробити ґрунт на глибину 45 см без перевертання скиби, а в якості додаткових робочих органів мають здвоєнний зубчастий коток.

Підприємством «Агрокалина» також пропонується долотоподібний плуг SHEDR (рис.2.4), який забезпечує глибоке розпушування ґрунту, а додаткові робочі органи у вигляді спарених подвійних шпорових котків, які працюють з перекриттям один одного, забезпечують якісне подрібнення [9]. Виробник зазначає сферу використання знаряддя як для поверхневого обробітку, так і для інтенсивної культивуації з заробленням пожнивних залишків на глибину від 5 до 25 см.

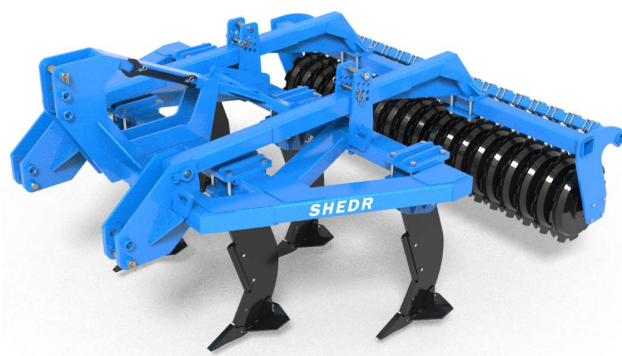


Рис. 2.4 – Долотоподібний плуг SHEDR від «Агрокалина» [9]

В даному глибокорозпушувачі розміщено чизельні лапи в два ряди, позаду яких розміщено або подвійні шпорові котки, або один коток Steel Ring, що дозволяє працювати на різних типах ґрунтів та при їх різній вологості.

Відомим світовим виробником фірмою KUHN пропонується декілька варіантів техніки для основного обробітку ґрунту [10]. Зокрема лінійка ґрунторозпушувачів представлена лінійним розпушувачем 4830 (рис. 2.5), який

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата		

призначений для щільного розпушення ґрунту з залишенням рослинних решток на поверхні поля. Містить декілька функціональних робочих органів: диски діаметром 22" для розрізання рослинних решток, за якими встановлені стійки з долотами, які можуть мати різноманітну конфігурацію залежно від стану поля, і які призначені для глибокого рихлення, завершують закривні колеса, які працюють в парі зі стійками і дозволяють зменшити викидання ґрунту за ними.



Рис. 2.5 – Лінійний розпушувач 4830 KUHN [10]

Іншим напрямком безполицевого обробітку від KUHN є комбінований дисколаповий агрегат PERFORMER SELECT (рис. 2.6), який за запевненнями виробника виконує одразу 4-и операції: лушення стерні дисковими знаряддями, глибоке розпушування до 35 см з перемішуванням лапами на вигнутих стійках, вирівнювання поверхні поля дисками, розміщеними за лапами, та ущільнення верхнього шару котками.



Рис. 2.6 – Комбінований дисколаповий агрегат PERFORMER SELECT від KUHN [10]

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Залежно від потреб, диски і лапи можуть працювати незалежно, лапи можна застосовувати з різною шириною захвату, пропонується три варіанти котків: коток HD-Liner 700, який має V-подібний профіль, подвійний універсальний коток та коток, що має гумові шини.

Ще одним відомим виробником ґрунтообробної техніки є компанія BEDNAR [11], яка пропонує схожий комбінований агрегат ACTROS RO (рис. 2.7), призначений для виконання післяжнивного обробітку ґрунту.



Рис. 2.7 – Комбінований агрегат ACTROS RO від BEDNAR [11]

Компанія пропонує чотири варіанти робочих доліт, які забезпечують можливість виконати як глибоке розпушування, так і неглибокий обробіток стерні після збирання попередника. Глибину обробітку, залежно від комплектації і умов роботи може становити до 18 см.

Компанія BEDNAR випускає і лінійку чизельних глибокорозпушувачів, зокрема TERRALAND TN_PROFI (рис. 2.8).



Рис. 2.8 – Чизельний глибокорозпушувач TERRALAND TN_PROFI від BEDNAR [11]

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Особливістю TERRALAND TN_PROFI є забезпечення додаткового обробітку ґрунту за рахунок додаткової дворядної секції Cutter дисків, що мають спеціальні віялоподібні диски.

Ще одним вітчизняним виробником «Галещина Машзавод» [13] пропонується для основного обробітку культиватор навісний КШН-2,2 «Резидент» (рис. 2.9), в якості основних робочих органів якого застосовуються лапи, які замість долота мають списоподібні розрихлювачі, а бічні накладки мають направлену ріжучу крайку, що дозволяє їм самозаточувтись. Працює даний агрегат на глибині до 17,7 см. З лапами розташовані диски, які призначені для подрібнення і розпушення шару ґрунту, вирівнювання поверхні поля забезпечується котками.



Рис. 2.9 – культиватор навісний КШН-2,2 «Резидент» Галещина Машзавод™ [13]

Фірма Lemken [14] пропонує для систем мінімального землеробства універсальний дисковий агрегат RUBIN (рис.2.10), головною задачею якого є подрібнення пожнивних залишків та підготовка ґрунту до посіву. Агрегат виконує рівномірне перемішування ґрунту з рослинними рештками на глибині до 15 см. Ряди дисків розміщені в шаховому порядку, а відстань між рядами

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата		

становить 12,5 см, що дозволяє досягти суцільного обробітку ґрунту по всій площі. RUBIN має широкий модельний ряд шириною захвату 3–12 м.



Рис. 2.10 – Дисковий агрегат RUBIN від Lemken [14]

Як бачимо, сучасні системи землеробства віддають перевагу комбінованим агрегатам культиваторного типу, які здатні як виконувати основний обробіток після попередника, так і підготувати поле до посіву. При цьому виробники застосовують як жорсткі стояки, так і пружні, які дозволяють мінімізувати опір знаряддя. Тому розглянемо більш детально конструктивні особливості стояків основних робочих органів.

2.2. Аналіз конструкцій стояків лап культиваторів, що використовуються для суцільного обробітку ґрунту.

Серед основних видів кріплення робочих органів до рами культиватора можна виділити жорсткі (рис. 2.11, а), шарнірно-радіальні (рис. 2.11, б), шарнірно-радіально секційні (рис. 2.11, в) та шарнірно-паралелограмні (рис. 2.11, г) [18, с. 11-12].

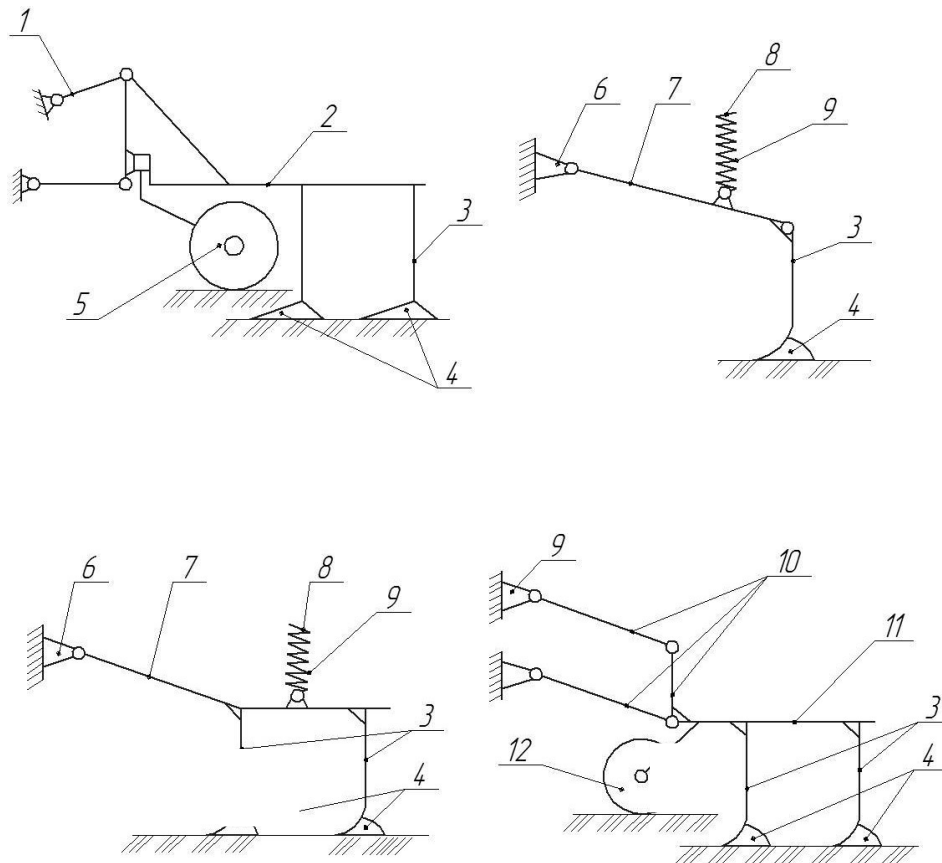


Рис. 2.11 – Основні види кріплення робочих органів до рами культиватора:
а – жорстке до гряділя; б, в – відповідно шарнірно-радіальне індивідуально-повідцеве (б) і секційне (в); г – шарнірно-паралелограмне; 1 – начіпка трактора; 2 – гряділь або брус рами; 3 – стояки лап; 4 – лапи; 5, 12 – колесо опорне; 6 – поперечний рамний брус; 7 – повідці; 8 – штанга; 9 – пружина (а, б, в); 10 – паралелограмний механізм; 11 – секційний гряділь.

Переважаюча конструкція культиваторів, призначених для виконання суцільного обробітку ґрунту на глибину до 18 см, а в деяких випадках і до 30 см (стерньові культиватори), передбачає використання, як правило, жорсткого кріплення робочих органів до рами (рис. 2.12). При цьому, самі стояки можуть мати пружну (рис. 2.12, а) або жорстку (рис. 2.12, б) конструкцію.

Жорсткі стійки застосовуються, як правило, в конструкції глибокорозпушувачів, які здатні працювати на глибині обробітку 20 см і більше.

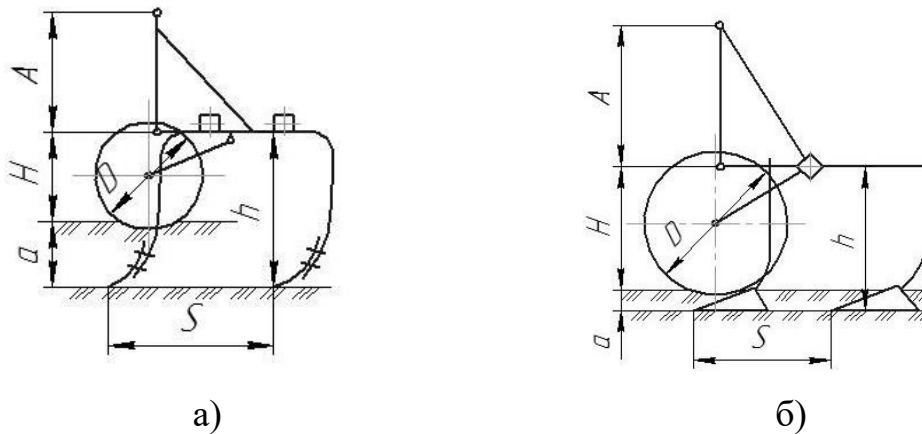


Рис. 2.12 – Конструктивні схеми та основні параметри культиваторів для суцільного обробітку, що мають жорстке кріплення робочих органів [18, с. 13]:

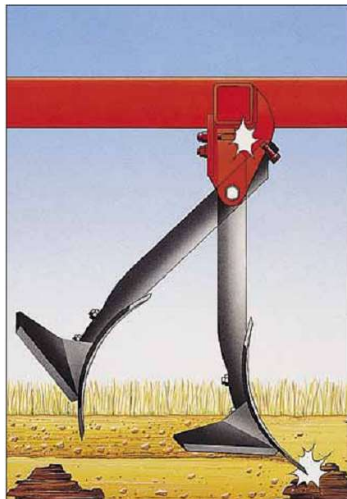
а – використання пружних стояків; б – використання жорстких стояків.

Так, до прикладу, комбінований культиватор КПН-3 «Вакула» від Галещина Машзавод™ [13], який можна використовувати і як паровий з глибиною обробітку до 12 см, забезпечує поверхневий суцільний обробіток з інтенсивним перемішуванням пожнивних залишків на глибину обробки. Даний культиватор оснащується культивуючою частиною, яка складається з трьох рядів лап, які мають нерухоме закріплення на рамі за допомогою жорстких С-подібних стійок, які і забезпечують кут атаки робочого органу 10-15 градусів (рис. 2.13).

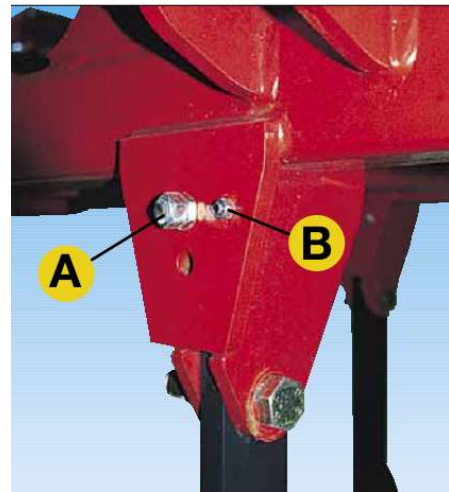


Рис. 2.3 – Культиваторна лапа комбінованого культиватора КПН-3 «Вакула» від Галещина Машзавод™

Стерньовий культиватор Mixter 100 від KUHN [19] є комбінованим знаряддям, яке містить розміщені в два ряди лапи, один ряд дисків та каток. Стояки лап жорсткої конструкції мають прямокутну форму (рис. 2.144, а). В якості запобіжного механізму застосовується зрізний болт А (рис. 2.14, б), який розраховано на навантаження 2,5 т, що дозволяє працювати на важких ґрунтах з постійною робочою глибиною усіх лап. Кут атаки лап має дві позиції і регулюється болтом В та кришкою відповідно до типу ґрунтів.



а)



б)

Рис. 2.14 – Кріплення лапи комбінованого культиватора Mixter 100 від KUHN

Таким чином, можемо констатувати, що головним завданням жорсткого стояка є забезпечення надійної роботи культиваторних лап з заданою глибиною незалежно від типу ґрунту.

Однак, все більше виробників (Lemken, Vöderstad, Umia, ЛКМЗ, «завод Краселівмаш», «Ельворті» та інші), незважаючи на їх технологічну складність виготовлення і, відповідно, більшу вартість, віддають перевагу пружинним стоякам. Головною перевагою даних стояків є їх здатність зменшити опір ґрунту внаслідок деформації ґрунту за рахунок дії ударних навантажень, при цьому за рахунок вібрації робочих органів відбувається і більш інтенсивне розпушування і подрібнення ґрунту [20, 21].

Авторами [20, 21] класифіковані основні типи пружних стояків (рис. 2.15) з зазначенням на них характерних точок, серед яких: перегин (Т.п), де кривизна

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

стояка має властивість змінювати свій знак; стиск (Т.с) та розтяг (Т.р); з'єднання стояка з рамою; додаткові робочі навантаження. За твердженням [21], при з'єднанні характерних точок прямими відрізками, можна отримати еквівалентні форми стояків, які можна класифікувати як нелінійно подібні.

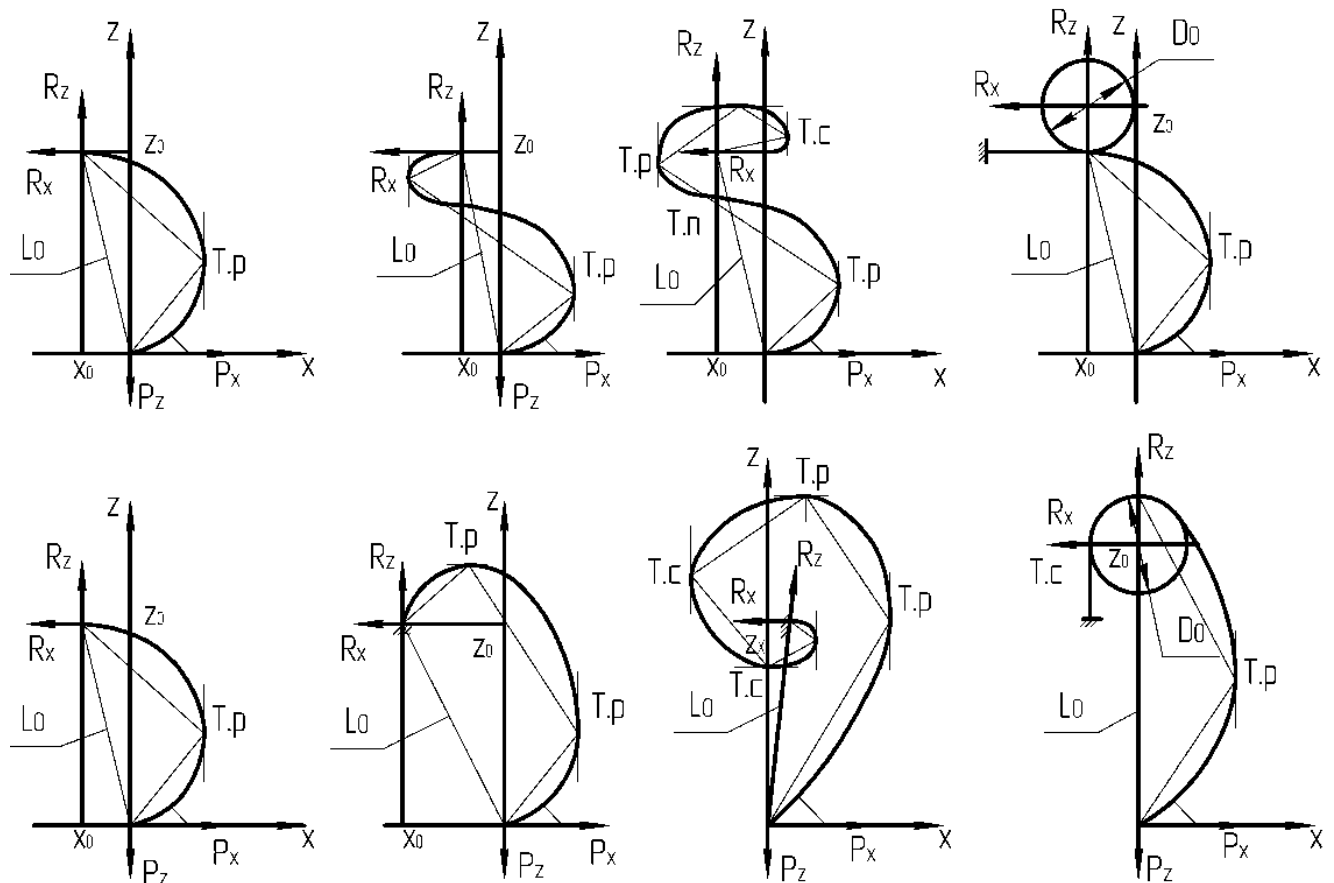
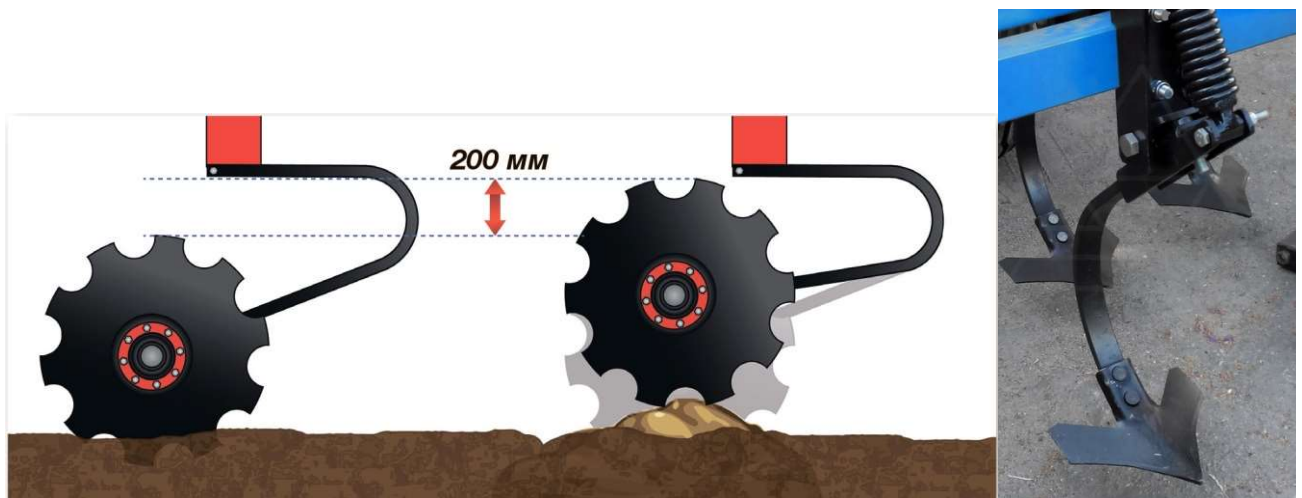


Рис. 2.15 – Еквівалентні форми стояків пружних стояків [21]

Відповідно до форми пружні стояки умовно поділяють на S-подібні і С-подібні, при цьому S-подібні стояки формують спіральні витки, які мають різну форму і кількість. Найбільшого застосування С-подібні стояки одержали в конструкціях легких культиваторів та, в основному, застосовуються при кріпленні дискових робочих знарядь (рис. 2.16, а), але використовуються і в якості стояків культиваторних лап (рис. 2.16, б).

Конструктивно S-подібні стояки виготовляють суцільні (рис. 2.17), розбірні (рис. 2.18), з додатковими елементами (пластиною) (рис. 2.19) та комбіновані (рис. 2.20).



а)

б)

Рис. 2.16 – Використання С-подібних стояків: а – стояки дискової борони UFO від Gaspardo; б – стояки лап культиватора Will Harvest-8, використовується С-подібний стояк (45х20) від Belotta.



а)

б)

Рис. 2.17 – S-подібні суцільні стояки : а – подвійна спіральна навивка (культиватор SANDOKAN від Maschio Gaspardo); б – одинарна навивка (культиватор GRATOR від Maschio Gaspardo).

The diagram shows a mechanical system. A curved beam is pivoted at its base. A horizontal force X_4 is applied to the beam at a certain point. A vertical force X_3 is applied to a spring that is attached to the end of the beam. The spring is also attached to a fixed support. The vertical displacement of the spring is labeled X_2 , and the vertical displacement of the beam's pivot is labeled X_1 .

Результати дослідження, спрямовані на вивчення реологічних властивостей ґрунтів [21, 22], дозволяють констатувати, що явище зниження опору деформації спостерігається за умов, коли до постійних зусиль жорсткого стояка додається «пульсуюче» навантаження, яке призводить до коливань ґрунтового середовища, яке піддається деформації.

Таким чином, пружні деформованості S-подібних стояків викликають коливальне переміщення лапи в ґрунті, завдяки чому вдається підвищити якість кришення, знизити питомий тяговий опір, зменшити забивання робочих органів ґрунтом і рослинними рештками. Як доводиться в роботах [20-22], ці явища виникають внаслідок виникнення двох фаз деформації ґрунту робочими органами, закріплених на пружних стояках. Під час першої фази відбувається пружна деформація стояка, що супроводжується накопиченням ним потенційної енергії. Під час другої фази відбувається сколювання ґрунтового блоку, при цьому потенційна енергія, що накопичилась, перетворюється на кінетичну енергію

робочого органу. За рахунок таких механізмів взаємодії лапи з ґрунтом відбувається зменшення витрат енергії на деформацію ґрунту.

Серед невирішених питань застосування пружних стояків – забезпечення стійкості роботи робочого органу по глибині з стабільним кутом атаки за змінних фізико-механічних властивостей середовища (зокрема твердість і щільність ґрунту), при використанні позитивних властивостей пружних стояків.

2.3. Аналіз процесу роботи лап, оснащених S-подібними пружними стояками.

У відповідності до власних досліджень та досліджень інших науковців проф. Шевченко І.А. запропонував враховувати при проектуванні пружних стояків культиваторних лап наступні значущі фактори, які, на його думку, мають найбільший вплив на роботу робочих органів [21, с. 160], серед яких:

- глибина обробітку;
- відстань від горизонтальної площини кріплення стояка до дна борозни;
- сумарна пружність ресорної частини стояка;
- виліт носка лапи відносно вертикальної площини кріплення стояка до бруса рами.

Були виконані дослідження культиваторної лапи стрілкового типу, яка закріплена на комбінованому пружному стояку (рис. 2.20), які дозволили встановити, що найбільше зростання тягового опору спостерігається лише при відносно великому (більше 15 - 20°) відхиленні кута нахилу підошви лапи за максимального навантаження [21, с. 165]. Це пов'язано з тим, що при таких умовах пружна стійка не здатна підтримувати автоколивання робочого органу. При цьому встановлено, що за умов підтримання коливання робочого органу в процесі роботи на однаковому рівні, він не буде мати суттєвого відхилення від заданої глибини обробітку, а кут атаки лапи не буде перевищувати 15°. За таких умов величина тягового опору буде мати найменше значення.

На основі даних досліджень були спроектовані і виготовлені дослідні зразки S-подібних пружних робочих органів, які рекомендовано для обробітку ґрунту на

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

глибину до 15 см, які знайшли своє застосування в макетному зразку модуля комбінованого культиватора для суцільного обробітку ґрунту АМК- 2.7 (Гуляйпільське ВАТ “Сільмаш”). Агрегат мав наступні характеристики пружного стояка [21, с. 167-169]: – маса приведена $m_{np} = 1,68$ кг; – частота власних коливань $p = 8,97$ Гц.

Виконанні дослідження в умовах півдня України, які характеризуються наступним: тип ґрунтів – південноукраїнський чорнозем, глибина обробітку $h = 0,12 - 0,14$ м, швидкість роботи агрегату $V^p \approx 2,1$ м/с. В результаті було встановлено, що зусилля граничної рівноваги становить $Q_{np} \approx 830$ Н, а частота змущених коливань $\omega \approx 11,67$ Гц при $S \approx 0,089$ м.

Іншим дослідником [22] запропоновано параметри пружних стояків, які обґрунтовують його контур з позиції якісних показників та енергоємності технологічного процесу (рис.2.21).

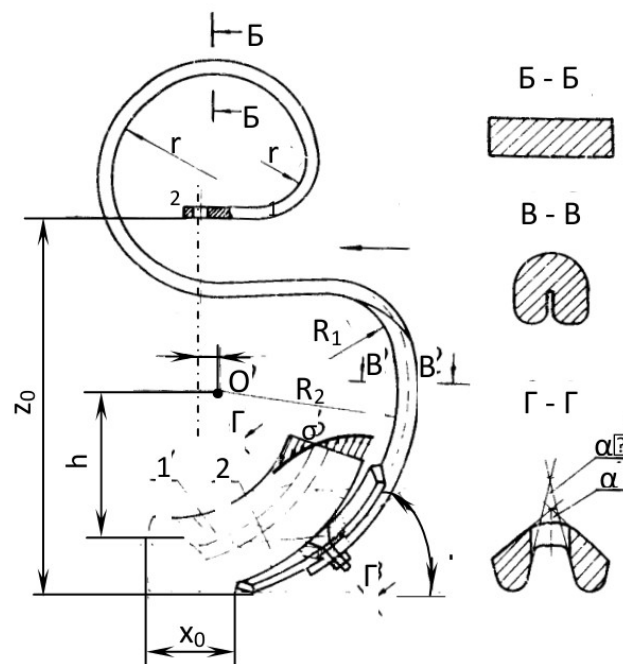


Рис. 2.21 – Схема до визначення параметрів пружної S-подібного стояка [9]

Серед ключових параметрів означено координату Z_0 , яка характеризує висоту кріплення до рами; X_0 , яка визначає зміщення кінцевої точки стояка відносно вертикальної вісі, яка проходить через точку кріплення; R, r – відповідно

величини радіусів кривизни увігнутої за напрямком руху агрегата робочої частини та опуклої монтажної частини; A , h – відповідно координати, які встановлюють центр кривизни в т.0, як характеризує відстань від центра максимального значення радіуса до елемента кріплення стояка до лапи; φ – кут атаки.

В роботі [22] викладені припущення, які регламентують, що опір ґрунту на розтяг має меншу дію за опір стиску. Саме тому, за словами автора, є доцільним збільшення частини площі перерізу скиби (рис.2.21), для якої характерні напруження розтягу. Для цього запропоновано виготовляти нижню увігнуту частину стояка таким, що має перемінний радіус кривизни зі зменшенням в напрямку від кінця стояка. Таким чином, цей радіус поступово збільшується в напрямку точки кріплення лапи ($R_2 \rightarrow R_1$), а величина максимального радіуса кривизни R_2 вибирається відповідно до рекомендацій міжнародного стандарту ISO 5680: 1979. Геометричні параметри робочої частини (перерізи Б-Б, В-В, Г-Г рис. 2.21) пропонується обирати, враховуючи особливості протікання технологічного процесу обробітку та умов роботи. Наприклад, стояки культиваторів, які призначенні для виконання передпосівного обробітку глибиною до 12 см, пропонується виконати з шириною перерізу 18 мм, а передню поверхню стояка (переріз В-В) зробити опуклою, що сприятиме кращому сходженню рослинних решток. При цьому переріз Г-Г необхідно виконати з наступними контурами: передній двограним, з гранями, які розташовані під кутом α одна до одної; задній – обмежений площинами, перша з яких перпендикулярна поздовжнім осям отворів елементів кріплення, а суміжні з нею бічні стінки необхідно розташувати під кутом α' одна до одної, відповідно вершина кута α' буде розміщена перед вершиною кута α , причому $\alpha < \alpha'$.

В роботі [18, с. 28] зазначено, що лапи з пружинними стояками забезпечують більш інтенсивне розпушування ґрунту, але при цьому не здатні забезпечити рівномірну величину глибини обробітку, оскільки спостерігається значне відхилення кута атаки лапи. Забезпечити найменшу величину відхилення глибини обробітку можливо шляхом проектування і виготовлення пружинних

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

стояків таким чином, щоб радіус кривої, описування якої здійснює лапа при коливаннях пружного стояка, мав найбільшу величину, а центр, відносно якого описується крива, лежав на вертикалі, яка проходить через носок лапи, або ж максимально наближено до нього.

Деякими авторами [20-23] відмічаються деякі і інші недоліки пружних стояків, а саме те, що при дії навантаження P на робочий орган (рис. 2.22) пружинний стояк має властивість деформуватися, при цьому робочий орган має пружні зміщення s носка лапи та поворот на кут θ , які можуть спотворити режими різання, як то глибину ходу і геометрію різання, внаслідок чого порушується рівномірність ходу по глибині та збільшується тяговий опір [22].

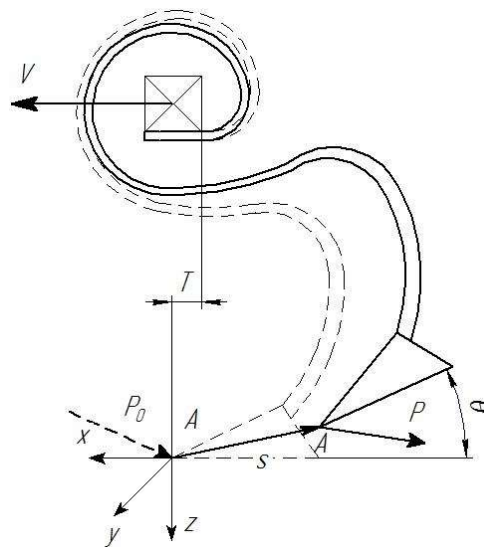


Рис. 2.22 – Схема, яка демонструє пружні зміщення лапи на пружній S-подібній стійці [22]

В роботі [22] наведено аналітичні дослідження пружного стояка Vibrofle (рис. 2.18, а), який має розбірну конструкцію, особливістю якої є виконання верхньої пружної частини з широким профілем, який має переріз 10x150 мм, при цьому вага стояка з кріпленням складає 15,9 кг. При проведенні експериментальних досліджень використовували стенд, що має механізм, який забезпечує статичне навантаження. Дане навантаження прикладалося до носка лапи за використанням тяги гвинтового механізму через динамометр. Розрахунок

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата		

виконували згідно конфігурації стояка, використовуючи комп'ютерну програму STzubs в середовищі Matlab.

Аналізуючи параметри траєкторії носка лапи під навантаженням було встановлено, що робота пружного стояка супроводжується супутнім виглибленням та забезпечена розвиненим запобіжним ефектом. При цьому, величина максимального навантаження, за якого досягаються межі агродопусків, які дорівнюють 10 мм, відповідно становить близько 80 кгс, що майже вдвічі перевершує робочі навантаження найбільш поширених S-подібних стійок, наприклад від Kongskilde. Дослідниками робляться висновки про те, що пружний стояк розбірного типу Vibroflex має розвинений ступінь виглиблення, який може перевищувати показники традиційних пружних стояків згідно навантажень в 2 рази і по масі в 3,8 рази.

Дослідником [22] проведено моделювання напружено-деформованого стану S-подібної стійки з визначенням її напруження та переміщень, для чого в програмі SolidWorks досліджено відповідну 3D модель (рис. 2.23) з допомогою програмного комплексу.

Згідно умов дослідження встановлювали кріплення стояка до рами жорстким, при цьому точкою прикладання навантаження був кінець стояка, який виготовлено зі сталі 65Г.

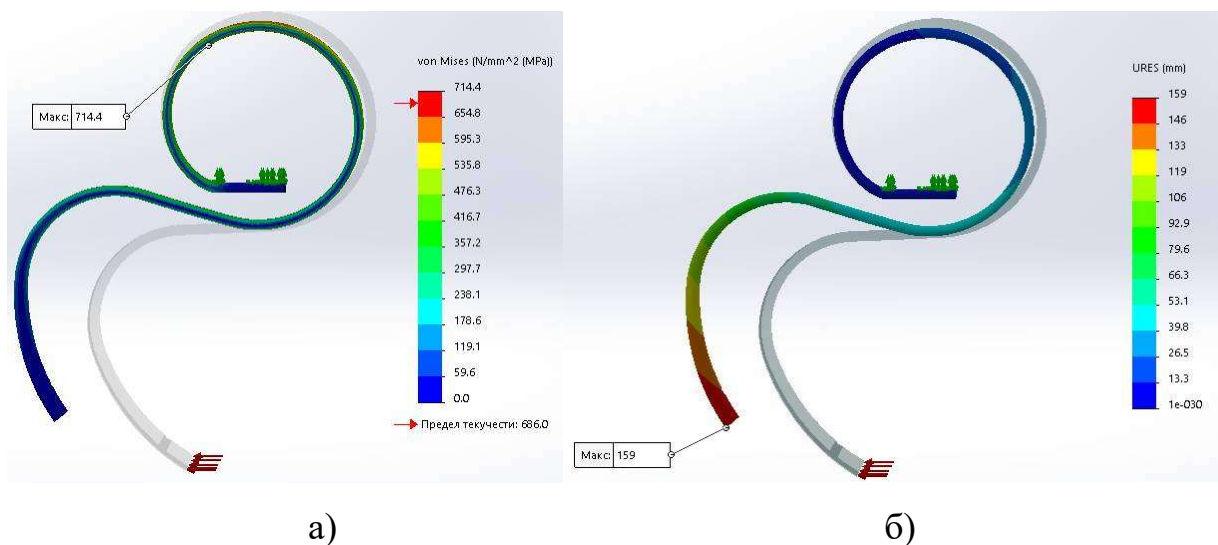


Рис. 2.23 – Моделювання напружено-деформованого стану S-подібної стійки [22]: а) напруження; б) переміщення

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

За результатами моделювання встановлено, що під навантаженням 664 Н виникає максимальна величина напруження в стояку 714,4 МПа. Зважаючи на фізичні властивості матеріалу, з якого виготовлено стояк, дана ситуація буде призводити до виникнення залишкової деформації останнього, що буде супроводжуватися порушенням його працездатності.

Крім того, відповідно до даних роботи [22], виявилось, що при деформації стояка, як показав енергетичний метод визначення переміщень, кожен переріз має здатність повертатися на деякий кут α . На думку автора, це явище якраз сприяє рихленню ґрунту, оскільки при збільшенні величини кута α збільшується площа контакту ґрунту з лапою.

В результаті визначення величини кута повертання лапи α відповідно до енергетичного методу Мора за умов навантаження стояка в точці кріплення лапи силою P в діапазоні 200...1000 Н, яка спрямовувалась під кутом φ до горизонту (рис. 2.24) було встановлено наступне. Збільшення сили P призводить до лінійного зростання кута α , так при $P = 1000$ Н кут $\alpha = 17,64^\circ$. За умов реальної роботи при збільшенні кута α спостерігається зміна опору рихлення ґрунту внаслідок дії на лапу сил, різних за своїм значенням, що пов'язано зі зміною умов роботи (вологість ґрунту, зміна його щільності, наявність рослинних решток тощо).

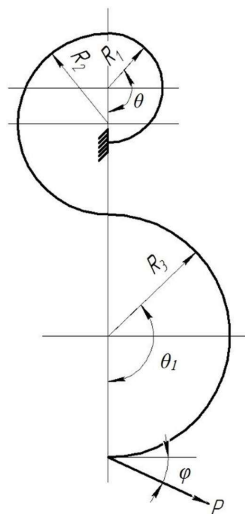


Рис. 2.24 – Дослідження кута повертання лапи відповідно до енергетичного методу [22]

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Автором в роботі [23] наведено результати теоретичного аналізу навантаженості і деформованості пружного стояка, який обладнано підресорниками. Згідно виконаних розрахунків встановлено діапазон зміни кута, який характеризує дію рівнодіючих зусиль на лапу, і за якого спостерігаються найбільші деформації і напруги в S-подібному стояку зазначеної конструкції. Так встановлено, що відсутність елементів, які б обмежували деформації стояка з підресорником, може призвести до небезпеки квазістатичного руйнування внаслідок перевантаження. При цьому процес довготривалої експлуатації та знакозмінних деформацій може викликати втомні руйнування.

На основі зазначених досліджень автори [19-23] прийшли до висновків:

1. Коливальний рух робочого органу виникає за умови поступального руху знаряддя внаслідок зміни величини опору ґрунту. При цьому момент, який виникає внаслідок дії сили реакції ґрунту в повній мірі врівноважується моментом, який створюється пружним робочим органом.

2. При русі агрегату будь-які зміни, пов'язані з опором ґрунту, викликають відхилення носка лапи від точки рівноваги на деякий кут, а робочий орган, який виведено зі стану рівноваги, починає здійснювати коливальний рух. При цьому, енергія цих коливань має тенденцію до спадання внаслідок втрат, які виникають внаслідок тертя по ґрунту, тобто дані коливання характеризуються затуханням.

3. Непостійна величина опору ґрунту, який являється неоднорідним середовищем, сприяє відновленню амплітуди коливань. Таке змінне в часі протікання процесу призводить до підтримки системи у постійному коливальному русі, але зі змінною в часі амплітудою.

4. За умов збігання частоти коливань опору ґрунту (збурюючі коливання) і вільних (власних) коливань лапи внаслідок виникнення явища резонансу буде спостерігатись зростання амплітуди коливань до того моменту, поки зростаючі разом з амплітудою втрати, пов'язані з дисипацією енергії в ґрунті, не призведуть до сталого режиму.

5. Для того, щоб забезпечити максимальну ефективність роботи системи необхідно забезпечити максимально можливу амплітуду коливань, що передбачає

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

необхідність забезпечення можливості регулювання частоти власних коливань робочого органу, з можливістю адаптації до конкретних умов роботи для даної категорії ґрунтів. Це досягається за рахунок створення робочих органів, які мають певний клас коефіцієнту жорсткості, або ж шляхом зміни (адаптації) визначальних параметрів як за формою, так і за геометричними розмірами стояків.

Таким чином, наведений аналіз обробітку ґрунту лапами, які закріплені на S-подібних пружних стояках дозволяє зробити наступні проміжні висновки.

Використання S-подібних пружних стояків за рахунок наявності власних коливань робочого органу сприяє активізації процесу рихлення ґрунту, що супроводжується зниженням тягового опору культиваторної лапи.

Для різних ґрунтово-кліматичних умов є необхідним забезпечення відповідної жорсткості пружного стояка, що досягається завдяки застосуванню додаткових елементів пружності, зокрема відомі розбірні або комбіновані конструкції стояка, використання підресорників тощо. При цьому, існуючі конструкції пружних стояків не дозволяють автоматично змінювати жорсткість конструкції відповідно до параметрів ґрунту, а тому існує необхідність в дослідженні і розробці адаптивного S-подібного пружного стояка.

Відповідно до наведеного аналізу пропонується оригінальна конструкція робочого органу (рис. 2.25), який має пружну S-подібну стійку 1 з регульованими параметрами жорсткості за рахунок додаткового елемента 3, який з'єднується з основою повідцем 5, залежно від положення якого і змінюється жорсткість конструкції стояка.

Таким чином дана конструкція дозволяє адаптивно змінювати жорсткість пружного стояка, що дозволяє забезпечити необхідну ефективність роботи на різних типах ґрунтів. Для підтвердження висунутої гіпотези було проведено польові дослідження.

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

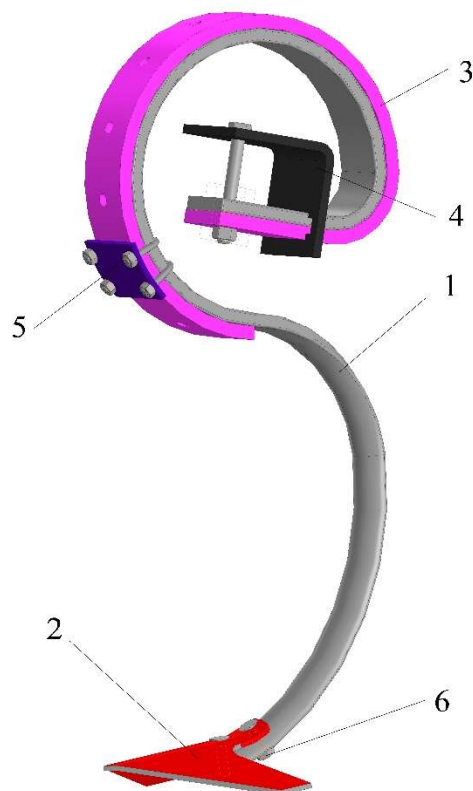


Рис. 2.25 – Робочий орган, який має пружну S-подібну стійку з регульованими параметрами жорсткості: 1 – стояк S-подібний; 2 – лапа; 3 – регуляторна пластина; 4 – хомут; 5 – повідець; 6 – болтове з’єднання

2.4. Дослідження роботи лапи

Дослідження запропонованої пружної S-подібної культиваторної стійки (рис. 2.25) виконували з використанням автоматизованого розрахунку коливального процесу стійки в пакеті прикладних програм АРМ з використанням методу кінцевих елементів. Саму стійку розбивали на декілька елементів з застосуванням переміщення і деформації в елементі, використовуючи зміщення граничних точок елемента. Програма дозволяє отримати відповідні рівняння, використовуючи принцип можливих переміщень, а також встановлює вузлові зміщення, величину деформацій та напруг. Мета досліджень – визначення величини переміщень, напруг і форм коливань стійки залежно від навантаження та зміни положення повідця, який дозволяє змінювати жорсткість стояка (рис. 2.26). Умовами досліджень передбачалось врахування

питомого опору ґрунту на максимальній глибині обробітку та ширині захвату лапи, тому максимальне навантаження складало 2500 Н [9,11], при цьому інтервал зміни навантаження встановлювали 250 Н.

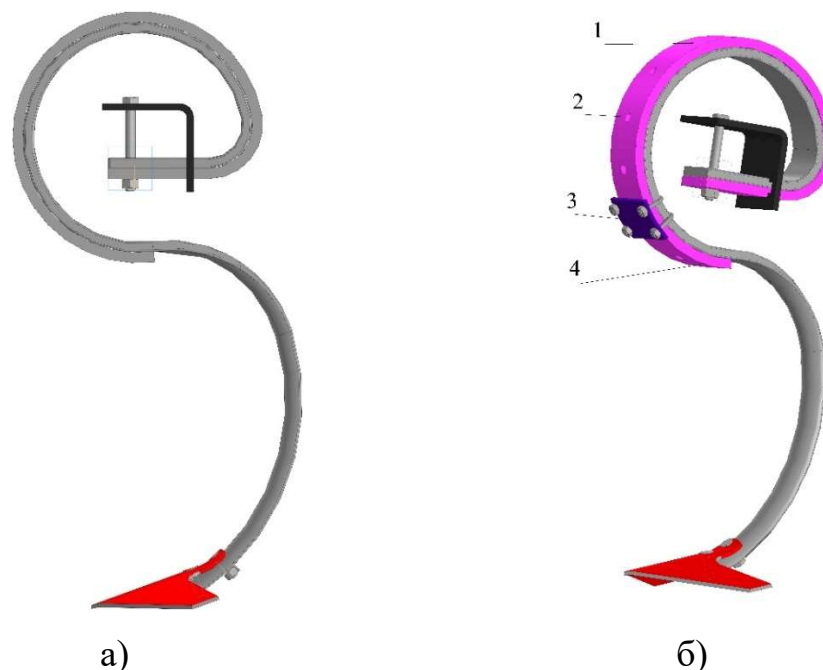
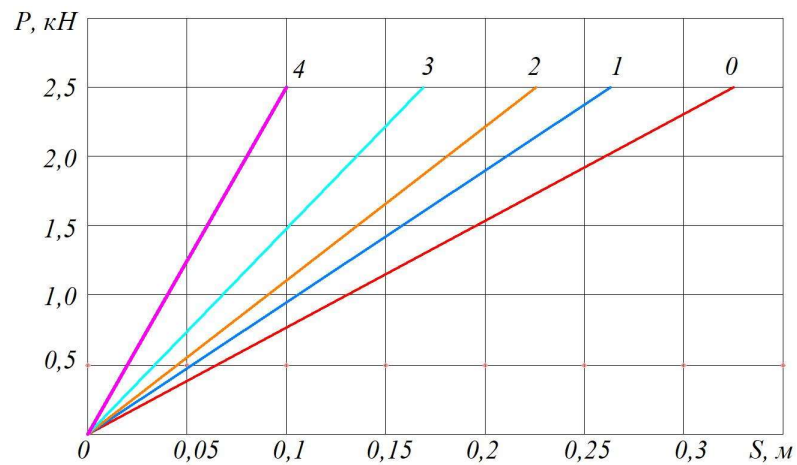


Рис. 2.25 – Умови зміни жорсткості стояка: а) без додаткового регулювання; б) зміна жорсткості за допомогою додаткового елемента

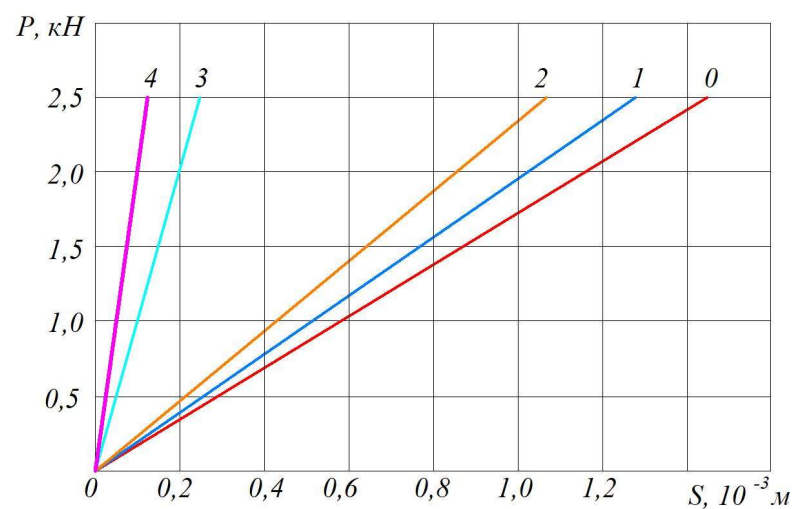
Для досліджень було обрано матеріал стояка Сталь 65Г, яка характеризується модулем пружності $E = 170$ ГПа, модулем зсуву $G = 65$ ГПа, твердістю $HRC = 44 \dots 48$.

Аналізуючи отримані графічні залежності переміщення носка лапи по осях (рис.2.26), можемо констатувати наступне.

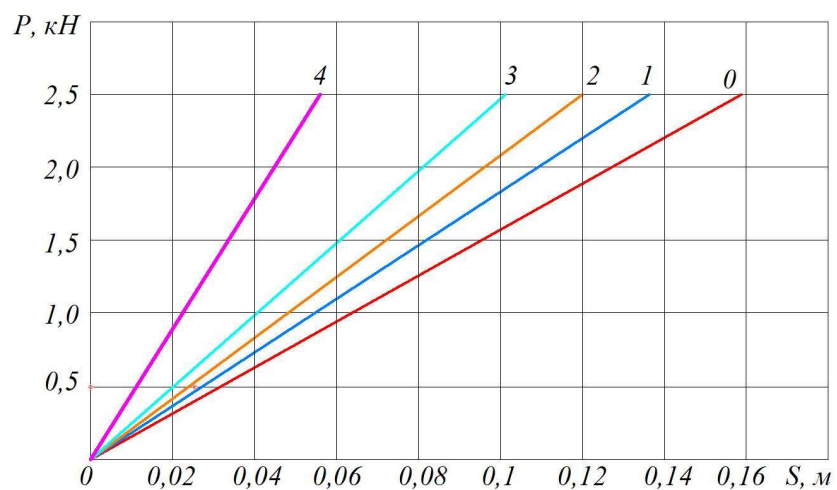
Величина напруг в стояку знаходиться в межах пропорційності, про що свідчить прямолінійний характер залежностей. Найбільші переміщення відбуваються по осі OX (вздовж напрямку руху агрегату), дещо менші по осі OZ (вертикальні переміщення), про що свідчать і кути нахилу прямих на графіках. Зміщення жорсткості стояка від положення 0 до положення 4 призводить до збільшення кута нахилу прямих по усіх осях, що свідчить про збільшення його жорсткості у всіх площинах.



а)



б)



в)

Рис. 2.26 – Переміщення носка лапи пружного стояка по осях: а – вісь ОХ; б – вісь ОУ; в – вісь ОZ; 0 – без додаткового регулювання; 1-4 – зміна положення повідця відповідно до схеми (рис. 2.25)

Аналізуючи залежність частоти власних коливань стояка від місця розміщення повідка (рис. 2.27) приходимо до висновку, що при переміщенні останнього до крайнього (більш жорсткого) положення спостерігається збільшення зазначеної частоти, що буде сприяти більш ефективному кришенню ґрунту.

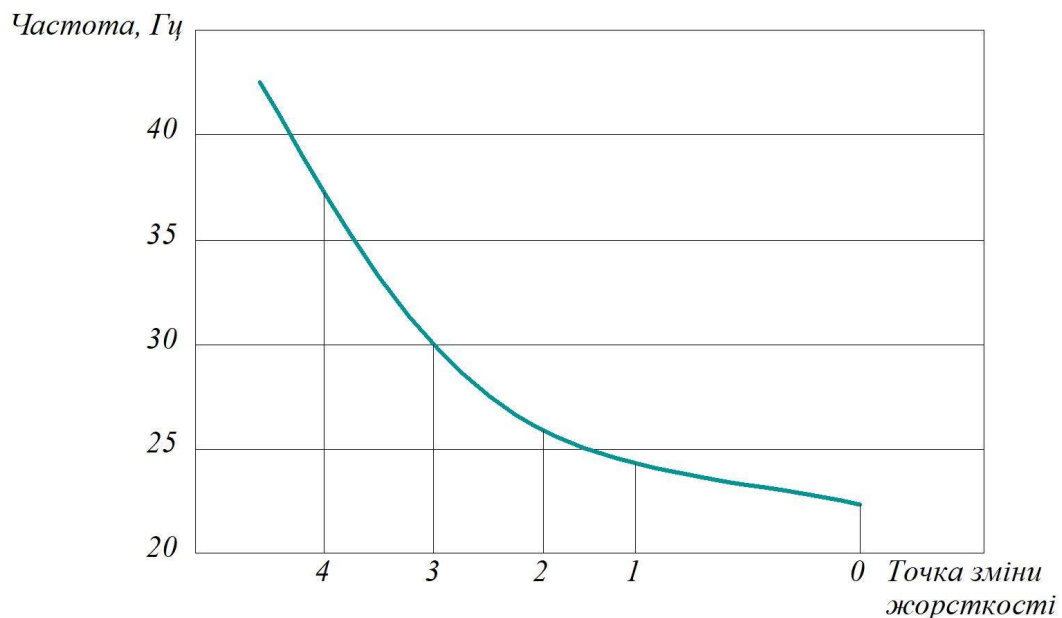


Рис. 2.26 – Графік зміни власної частоти коливань носка лапи залежно від точки кріплення додаткового елемента пружної стійки

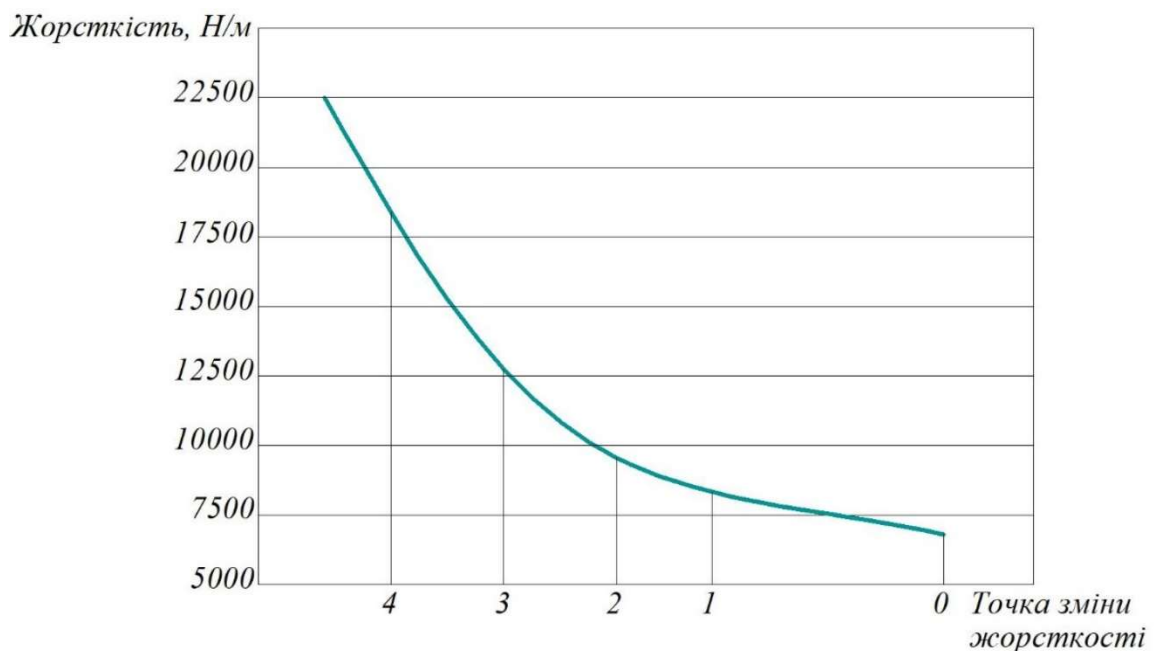


Рис. 2.27 – Графік зміни жорсткості стояка лапи залежно від точки кріплення додаткового елемента пружної стійки

Таким чином, за результатами проведених аналітичних досліджень з використанням системи автоматизованого експерименту доведено, що використання додаткового регулятора жорсткості дозволить адаптувати роботу лапи, закріпленої на пружному стояку, до різноманітних агрокліматичних умов, таким чином це буде сприяти більш ефективному застосуванню таких знарядь.

Висновки по розділу

Під час виконання розділу було проаналізовано сучасні системи землеробства з виокремленням питання основного обробітку ґрунту та знарядь, які для цього використовуються. З результатами цього аналізу було встановлено, що на даний час основного поширення набули комбіновані знаряддя, які дозволяють суміщати декілька операцій за один прохід агрегата, що цілком відповідає концепції ощадливого землеробства та ресурсозберігаючого виробництва. При цьому, на ринку сільськогосподарської техніки для різних систем землеробства пропонується цілий модельний ряд знарядь, які дозволяють виконати обробіток після попередника.

Серед основних знарядь для післяжнивного обробітку було відзначено універсальні знаряддя на базі культиваторів для суцільного обробітку ґрунту, які дозволяють підвищити ефективність їх застосування. Проведений конструктивний їх аналіз виявив, що окрім основного робочого органу, дані знаряддя відрізняються і типом стояка лапи. Все більшої популярності набувають пружні стояки, які незважаючи на очевидні переваги, мають і ряд недоліків. Поряд з підвищеною вартістю останніх, основним функціональним їх недоліком є неможливість адаптації під різні типи ґрунтів. Проте, як виявив огляд наукових досліджень, цю проблему можливо вирішити шляхом зміни жорсткості стояка залежно від потреб.

Тому нами було запропоновано оригінальну конструкцію пружного стояка, який має додатковий елемент, що дозволяє змінювати жорсткість стояка. Виконані аналітичні дослідження підтвердили ефективність застосування запропонованої конструкції.

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

3.1. Конструктивно-технологічна схема комбінованого знаряддя

Зважаючи на проведені в попередньому розділі дослідження, нами пропонується конструкція комбінованого ґрунтообробного знаряддя, яке дозволить ефективно виконати суцільний обробіток ґрунту з адаптацією до ґрунтово-кліматичних умов роботи (рис. 3.1).

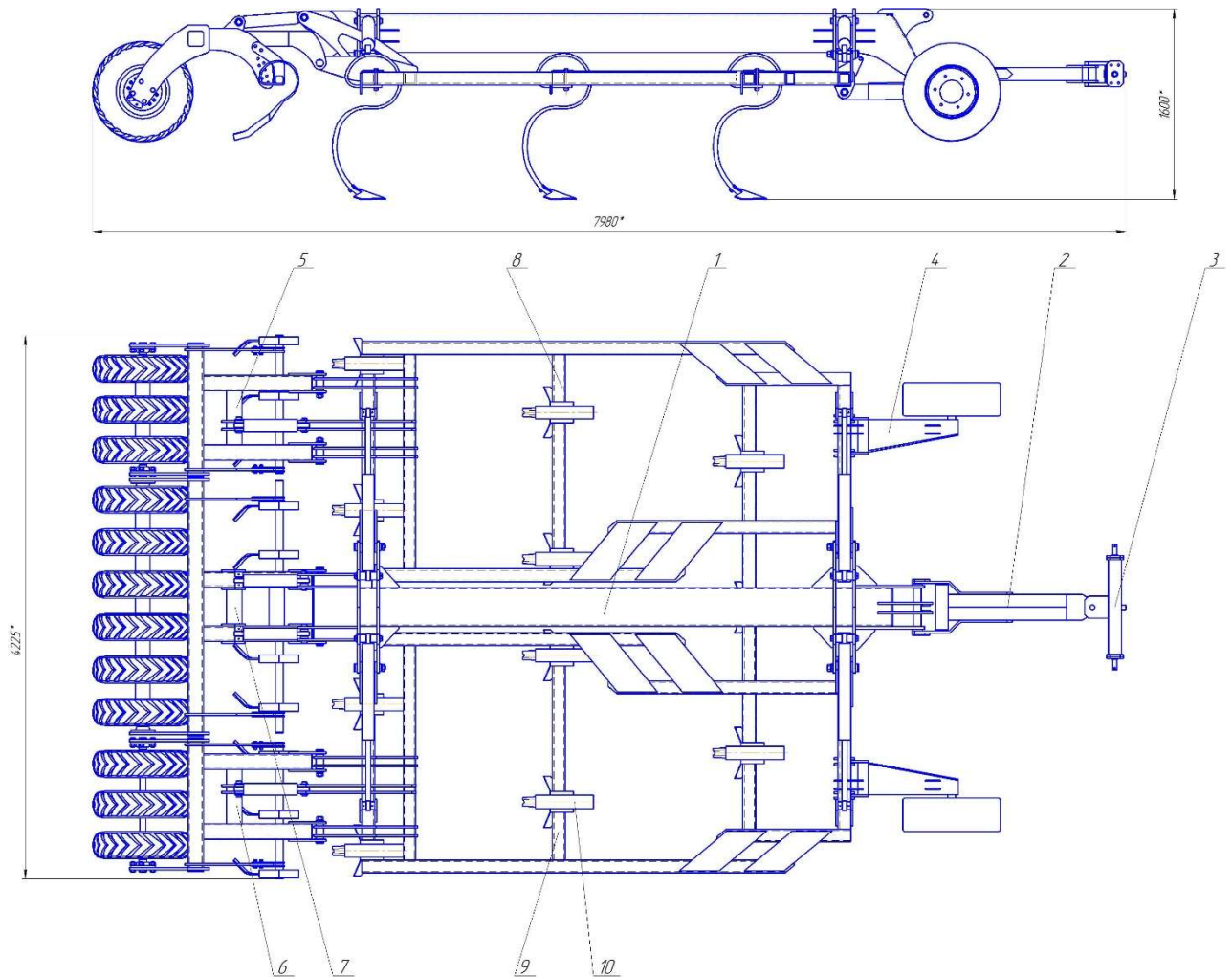


Рис. 3.1 – Ґрунтообробне багатофункціональне знаряддя КГА-4:

- 1 – основна рама; 2 – сниця; 3 – механізм причепа; 4 – колеса опорні;
5, 6 – навіски задні бічні; 7 – центральна задня навіска; 8, 9 – основні піврами;
10 – культиваторний робочий орган.

Запропоноване знаряддя здатне виконувати суцільний обробіток ґрунту на глибину 6-12 см, а багатофункціональність забезпечується як основними

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

робочими органами, які призначені для рихлення ґрунту на задану глибину, при цьому знищуючи бур'яни, а додаткові робочі органи, розміщені на задній навісці, призначені для вирівнювання мікрорельєфу поля, підтримання заданої структури верхнього шару та його ущільнення. При цьому, додаткові робочі знаряддя можна як додати, так і від'єднати від основної рами.

Центральна рама ґрунтообробного знаряддя спроектована у вигляді головного остова з прямокутної труби. До цієї конструкції пропонується приєднувати на шарнірах дві піврами, які мають поперечні бруси для кріплення основних робочих органів – культиваторних лап на пружній підвісці оригінальної конструкції. Для переведення піврам у робоче положення з транспортного і навпаки передбачені 4-и гідроциліндри. З метою забезпечення стійкості ходу знаряддя до передньої частини піврам закріплюються опорні колеса, які додатково забезпечують регулювання глибини обробітку основних робочих органів. За потреби, конструкція знаряддя передбачає встановлення позаду культиваторних робочих органів додаткової секції, яка складається з центральної та двох бічних навісок з розміщеними на них вирівнюючими боронами, кінцевим елементом яких є пневматичні колеса. Дана конструкція є змінною, оскільки дозволяє приєднати і інші набори додаткових робочих органів, наприклад стандартних гладких котків відповідної конструкції, або ж зубчастих чи планчастих. Основним робочим органом запропонованого знаряддя є стрілчаста лапа традиційної конструкції, яка закріплена на пружній стійці оригінальної конструкції (рис. 2.25), яка має можливість коригування загальної жорсткості S-подібного стояка, що дозволяє підвищити ефективність розпушення ґрунту та зменшити тяговий опір обробітку ґрунту знаряддям.

3.2. Технологічні розрахунки

Параметри жорсткості стійки залежно від параметрів додаткового елемента вже досліджено в попередньому розділі, тому постає задача по визначенню параметрів лап, для чого необхідно обґрунтувати кут «розхилу» 2γ (рис. 3.2, 3.3), раціональні параметри перекриття Δb суміжних проходів (рис. 3.4),

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підп.	Дата		

величину ширини захвату b , інші параметри будемо приймати згідно рекомендацій.

Головними характеристиками стрілчатих лап (рис. 3.2) є кути 2γ і β , а також ширина захвату b , крім того, ефективність розпушення лапи залежить від ширини її крила на початку b_1 та в кінці b_2 , а також обрису її грудей [4, 18].

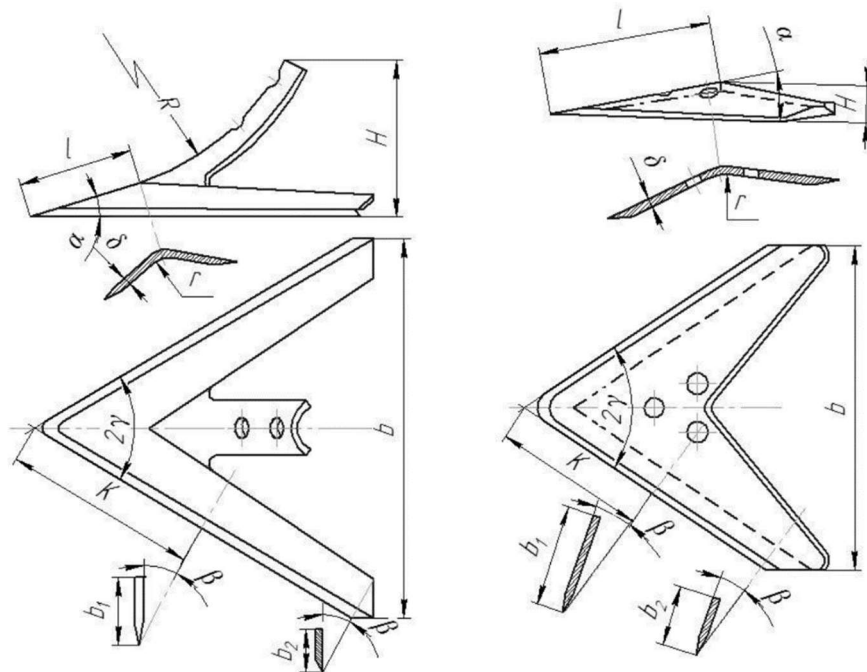
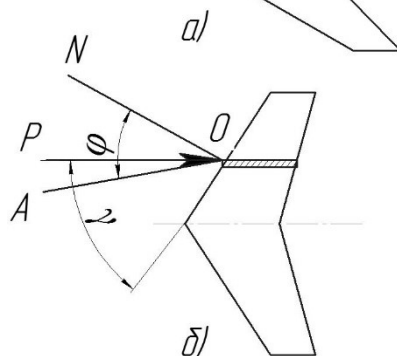


Рис. 3.2 – Параметричні показники стрілчастої лапи

Кут розхилу γ впливає на спроможність лапи до підрізання бур'янів. Основною умовою є наявність ковзного різання, при цьому, навіть коріння вирваного бур'яну повинно рухатись з ковзанням вздовж леза без заминок. Дотримання цих умов дозволить уникнути обволікання леза, тобто забивання лапи стеблами і корінням. Умова, за якої буде відбуватися ковзання бур'яну О вздовж леза (рис. 3.3) матиме вигляд [22]:

$$\gamma \leq 90^\circ - \varphi,$$

де φ – кут, який характеризує тертя бур'янового стебла по лезу лапи.



а – різання з ковзання; б – різання без ковзання.

Таким чином, для забезпечення максимального підрізання бур'янів

Наступним важливим технологічним елементом культиваторної лапи є кут

[illegible]

Дослідженнями встановлено [18], що при малих кутах β та меншій величині ширини крила лапи спостерігається порівняно невелика інтенсивність розпушування ґрунту. Зважаючи на прийнятий кут β культиваторні лапи умовно поділяють на плоскорізного типу, для яких $\beta = 12-18^\circ$, та універсального типу при $\beta = 26-30^\circ$ [18, 22].

Ширина крила за своєю формою (рис. 3.5) виконується в переважній кількості випадків зі зменшенням до кінця, тобто $b_1 > b_2$, при цьому мінімальне значення величини ширини крила знаходиться в межах 30-50 мм, а максимальне в 1,5 рази більше. Для прийнятих умов роботи вибираємо стандартні значення ширини крила стрілчастої лапи (універсальної) $b_1 = 75$ мм та $b_2 = 50$ мм.

Значення середньої товщини крил δ розрахуємо у відповідності до ширини захвату лапи (рис. 3.2) з умови $\delta \leq 0,035 \cdot b$. Тоді для універсальних лап з шириною захвату 270 і 330 мм знаходимо:

$$\delta_1 \leq 0,035 \cdot 270 = 9,5 \text{ мм.}$$

$$\delta_2 \leq 0,035 \cdot 330 = 11,6 \text{ мм.}$$

Заточування леза крил приймаємо комбінованим (рис. 3.4), при цьому величину заднього кута різання приймемо $\varepsilon \geq 10^\circ$, що дозволить забезпечити стійкість ходу лап по глибині [25, 28].

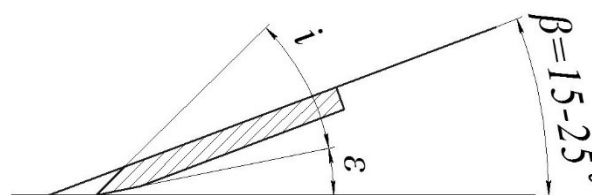


Рис. 3.4 – Кути при комбінованому заточуванні леза лапи

Натомість величина кута загострення i не повинна бути меншою за $12-15^\circ$, залежно від властивостей матеріалу виготовлення культиваторної лапи. За таких умов величина переднього кута різання становитиме $\beta_0 = i + \varepsilon = 14^\circ + 10^\circ = 24^\circ$.

Знайдемо величину кута підйому α (рис. 3.5), який виникає між лінією $A'B'$ та горизонтом з геометричної залежності:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B'C'}{A'C'},$$

при цьому

$$B'C' = b_1 \sin \beta \text{ і } A'C' = \frac{b_1 \cos \beta}{\sin \gamma},$$

тому:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \sin \gamma$$

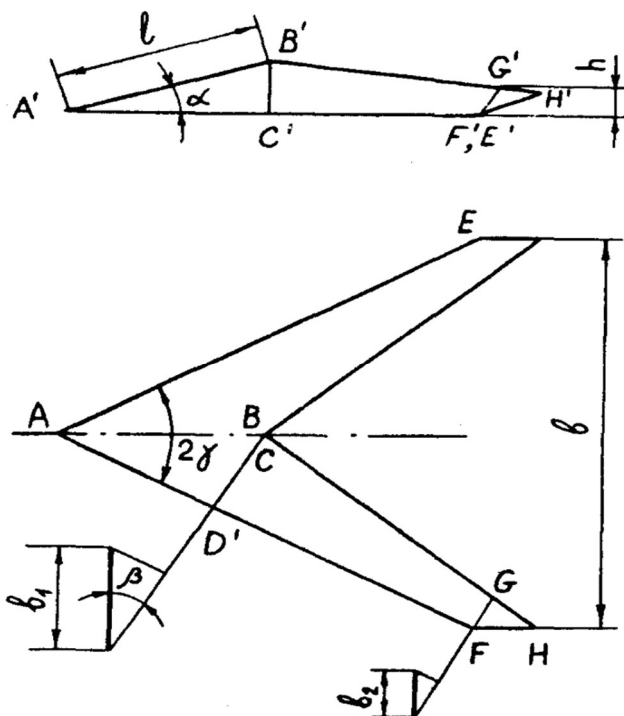


Рис. 3.5 – Проекційні параметри стрілкової лапи

Величину відрізка l , який характеризує положення точки B' знайдемо:

$$l = b_1 \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 24 \cdot \sin 30 = 0,22, \alpha = 12^\circ.$$

$$l = 75 \cdot \sin 24 / \sin 12 = 146 \text{ мм.}$$

$$B = 2 \cdot m_1 \cdot m_2 + b_{\text{зад}};$$

$$\text{або } B = 2 \cdot mn \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} + m,$$

де

$$mn = \frac{2 \cdot a_{\max}}{\cos(\alpha + \varphi)}.$$

Звідки

$$B = b_{\text{зад}} + \frac{2 \cdot a_{\max} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\omega}{2} \right)}{\cos(\alpha + \varphi)}$$

Прийmemo для заданих умов роботи універсального агрегата максимальні значення величин параметрів $a_{\max} = 140$ мм; $\alpha_{270} = 12^\circ$; $\alpha_{330} = 15^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; $\omega = 50^\circ$.

Визначимо ширину передньої зони деформації для прийнятих ширин стрілчастих лап 270 і 330 мм:

$$b_{\text{пер}1} = 270 + (2 \cdot 140 \cdot \operatorname{tg} 25 / \cos 57) = 510 \text{ мм},$$

$$b_{\text{пер}2} = 330 + (2 \cdot 140 \cdot \operatorname{tg} 25 / \cos 60) = 591 \text{ мм}.$$

Відстані, яка відповідає сусіднім проходам:

$$C = 0,5 \cdot (b_{\text{пер}} + b_{\text{зад}}) - \Delta b,$$

відповідно

$$\text{лапа } 270 \text{ мм} \quad C = 0,5 \cdot (510 + 270) - 40 = 350 \text{ мм},$$

$$\text{лапа } 330 \text{ мм} \quad C = 0,5 \cdot (591 + 330) - 50 = 410,5 \text{ мм}.$$

Згідно з умовою вільного виходу «випереджаючої» тріщини в масиві ґрунту, який обробляється культиваторною лапою, на поверхню при відсутності перешкоджання з боку лап, які розміщуються попереду, обґрунтуємо міжрядну

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата		

відстань L . З таких умов будемо мати меншу ймовірність, що буде відбуватися забивання робочих органів ґрунтом і бур'янами. Отже:

$$L \geq l_0 + l,$$

де величина довжини зони деформації має наступне значення

$$l = a_{\max} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi),$$

а довжина вильоту носка лапи

$$l_0 = l \cdot \cos \alpha.$$

Отже, з врахуванням значень величин запишемо

$$L \geq a_{\max} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \cos \alpha + a_{\max} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

$$L_1 \geq 140 \cdot \operatorname{tg}(57) \cdot \cos 12 + 140 \cdot \operatorname{tg}(57) = 426,5 \text{ мм},$$

$$L_2 \geq 140 \cdot \operatorname{tg}(60) \cdot \cos 15 + 140 \cdot \operatorname{tg}(60) = 476,7 \text{ мм}.$$

Знайдені значення знаходяться в межах раціонального розподілу, отриманого емпіричним шляхом, що дозволяє говорити про правильно визначені параметри.

Висновки по розділу

В розділі було спроектовано конструкцію комбінованого ґрунтообробного знаряддя, яке є універсальним і призначене як для виконання обробітку ґрунту після попередника, так і суцільного обробітку при підготовці поля до посіву.

Відповідно проведені технологічні розрахунки параметрів культиваторних лап двох типів ширин. Встановлено кути заточування і кришення, що дозволить забезпечити якісний обробіток з найменшими витратами часу на обслуговування агрегату. Також було становлено раціональні параметри розташування лап по ширині захвату агрегату та вздовж нього, що дозволить уникнути забивання лап та оптимізує ширину обробітку.

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

При експлуатації запропонованого ґрунтообробного знаряддя можливе виникнення наступних нещасних випадків:

- травмування внаслідок наїзду знаряддя на робітників, які виконують його обслуговування;
- потрапляння спецодягу, частин тіла працівників до механізмів ґрунтообробного знаряддя, які рухаються, котяться чи обертаються;
- потрапляння мастила із гідросистеми в обличчя механізатора при виконанні приєднання або роз'єднання ґрунтообробного знаряддя з трактором;
- травмування частин тіла робітників об гострі кромки елементів конструкції знаряддя;
- опікові травми при загоранні паливо-мастильних матеріалів, внаслідок дії високої температури від двигуна трактора;
- травмування при перебуванні працівників в небезпечних зонах – між трактором і ґрунтообробним знаряддям при його приєднанні або русі; потрапляння під ґрунтообробне знаряддя внаслідок його перевертання при порушенні останнім вимог до повздовжньої стійкості, зіткненні з іншими транспортними засобами при переїздах по дорогах загального призначення; виникнення поломок причіпного пристрою ґрунтообробного знаряддя.

З метою усунення і запобігання переліченим небезпекам та аваріям конструктивне виконання знаряддя передбачає безпечне розташування вузлів і механізмів ґрунтообробного знаряддя, що зменшує ймовірність травмування обслуговуючого персоналу при виконанні розконсервування і постановки на консервацію, монтування, демонтування і експлуатації.

Транспортування по дорогах загального призначення виконувати автотранспортом, перевіряти надійність кріплення до кузова автомобіля, перевірити кріплення піврам у транспортному положенні, обов'язково зафіксувати кронштейни стопорами.

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Категорично заборонено знаходитися будь-кому на, під чи перед ґрунтообробним знаряддям при русі, в тому числі під час транспортування. При приєднанні ґрунтообробного знаряддя до трактора механізатор повинен мати повний візуальний контакт зі знаряддям. Перед початком виконання робіт, необхідно впевнитись в працездатності і технічному стані всіх агрегатів і робочих органів знаряддя. Заборонено експлуатувати знаряддя за наявності пошкоджень чи несправностей. При переведенні агрегата з транспортного в робоче положення і навпаки заборонено знаходитись будь-кому в габаритній зоні агрегата. При виявленні підтікання мастила в гідросистемі негайно усунути несправності, використання гідросистеми при наявності несправностей заборонено.

Змащування і технічне обслуговування ґрунтообробного знаряддя виконувати лише при повній зупинці, вимкненому двигуні трактора та зафіксованому положенні знаряддя в режимі стоянка.

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В роботі було запропоновано нову оригінальну конструкцію комбінованого ґрунтообробного знаряддя, яке має основну культиваторну частину та додаткову секцію, на якій розміщено загортачі та прикочуючий механізм колісного типу. Шляхом проведення розрахунків було виконано оптимізацію параметрів культиваторних лап та раціоналізовано схему розташування лап на рамі агрегату. Відповідно до проведених технологічних розрахунків обґрунтовано параметри культиваторних лап двох типів ширин. Встановлено кути заточування і кришення, що дозволить забезпечити якісний обробіток з найменшими витратами часу на обслуговування агрегату.

Відповідно до виконаних досліджень та проведених розрахунків вдалося досягти зменшення тягового опору агрегату та часу на його обслуговування, відповідно це сприяло підвищенню продуктивності роботи (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники ґрунтообробного знаряддя

№ п/п	Показники	Один. вимір.	Умовні позн.	Знаряддя	
				аналог	розроблене
1	Клас тяги агрегування	кН		30	
2	Маса машини	кг	M	2230	1970
3	Продуктивність знаряддя за 1 годину чистого часу	га/год	$P_{\text{ч}}$	2,9	3,3
4	Коефіцієнти використання часу зміни: - робочого - експлуатаційного		$K_{\text{вр}}$ $K_{\text{ек}}$	0,82	0,85
				0,76	0,80

Таким чином, використання в конструкції культиваторних лап пружних стояків з регульованою жорсткістю та раціональне комплектування агрегату дозволяє отримати позитивний економічний ефект, що дозволяє зробити висновок про доцільність проведених розробок.

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі проаналізовано сучасні системи землеробства з виокремленням питання основного обробітку ґрунту та знарядь, які для цього використовуються. З результатами цього аналізу було встановлено, що на даний час основного поширення набули комбіновані знаряддя, які дозволяють суміщати декілька операцій за один прохід агрегата, що цілком відповідає концепції ощадливого землеробства та ресурсозберігаючого виробництва. При цьому, на ринку сільськогосподарської техніки для різних систем землеробства пропонується цілий модельний ряд знарядь, які дозволяють виконати обробіток після попередника.

Серед основних знарядь для післяжнивного обробітку було відзначено універсальні знаряддя на базі культиваторів для суцільного обробітку ґрунту, які дозволяють підвищити ефективність їх застосування. Проведений конструктивний їх аналіз виявив, що окрім основного робочого органу, дані знаряддя відрізняються і типом стояка лапи. Все більшої популярності набувають пружні стояки, які незважаючи на очевидні переваги, мають і ряд недоліків. Поряд з підвищеною вартістю останніх, основним функціональним їх недоліком є неможливість адаптації під різні типи ґрунтів. Проте, як виявив огляд наукових досліджень, цю проблему можливо вирішити шляхом зміни жорсткості стояка залежно від потреб.

Тому нами було запропоновано оригінальну конструкцію пружного стояка, який має додатковий елемент, що дозволяє змінювати жорсткість стояка. Виконані аналітичні дослідження підтвердили ефективність застосування запропонованої конструкції.

Зважаючи на доцільність застосування в сучасних системах землеробства комбінованих ґрунтообробних агрегатів, що забезпечують можливість виконання безполицевого основного обробітку ґрунту, було запропоновано конструкцію комбінованого ґрунтообробного знаряддя, що має ширину захвату

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4,0 м, продуктивність знаряддя досягає 3,3 га/год за робочої швидкості 8...12 км/год.

Запропоноване знаряддя відноситься до універсальних агрегатів, які здатні забезпечити як передпосівний, так і основний обробіток ґрунту на глибину 8-16 см. При цьому функціонально забезпечується стерньовий обробіток зі знищенням бур'янів, а також вирівнювання мікрорельєфу поля, підтримка відповідного агрегатного стану ґрунтового середовища з ущільненням поверхневих шарів ґрунту. Для цього нова оригінальна конструкція комбінованого ґрунтообробного знаряддя має основну культиваторну частину та додаткову секцію, на якій розміщено загортачі та прикочуючий механізм колісного типу.

Шляхом проведення розрахунків було виконано оптимізацію параметрів культиваторних лап та раціоналізовано схему розташування лап на рамі агрегату. Відповідно до проведених технологічних розрахунків обґрунтовано параметри культиваторних лап двох типів ширин. Встановлено кути заточування і кришення, що дозволить забезпечити якісний обробіток з найменшими витратами часу на обслуговування агрегату.

Відповідно до виконаних досліджень та проведених розрахунків вдалося досягти зменшення тягового опору агрегату та часу на його обслуговування, відповідно це сприяло підвищенню продуктивності роботи.

Конструкція розробленого агрегату відповідає і вимогам з охорони праці, а дотримання наведених вказівок з безпечної експлуатації знаряддя дозволить зменшити чи усунути загрози для життя і здоров'я обслуговуючого персоналу.

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стан і перспективи розвитку комбінованих агрегатів / М.І. Ролдугін, Є.С. Михайловський // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2013. – вип. 43. – част. II. – С. 237-240.
2. Сільськогосподарські і меліоративні машини: Навчальний посібник / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. – К. : ІНТОН НАПН України, 2015. – 291 с.
3. Leschenko S. Experimental estimate of the efficiency of basic tilling by chisel equipment in the conditions of soil / Sergey Leschenko, Vasil Salo, Dmitry Petrenko. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2014. – Вип. 44 – С. 237-243.
4. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний 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.
5. Ajit K. Srivastava, Carroll E. Goering, Roger P. Rohrbach, Dennis R. Buckmaster. (2006). Engineering Principles of Agricultural Machines.
6. Машини для обробітку ґрунту та сівби: навч. посіб. / за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 288 с.
7. Ґрунтообробна техніка. Каталог продукції Компанії “FAVORIT”. URL: <https://favorit-td.com.ua/ua/g40733348-pochvoobrabatyvayuschaya-tehnika>.
8. Глибкорозпушувачі. Каталог продукції Компанії “DEMETRA”. URL: <https://demetra-site.com.ua/catalog/glibkoro-zpushuvachi>.
9. Глибкорозпушувач SHEDR. Каталог продукції підприємства «Агрокалина». URL: <https://agrokalina.com/hruntoobrobna-tekhnika/hlybokoro-zpushuvach/shedr>.
10. Обробіток ґрунту. Каталог продукції компанії KUHN. URL: <https://www.kuhn.ua/roslynnytstvo/obrobitok-gruntu>.
11. Основні види обробітку ґрунту. Каталог продукції компанії BEDNAR. URL: <https://www.bednar.com>.

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата		

12. Глибокорозпушувачі. Каталог продукції ТОВ НВП “БІЛОЦЕРКІВМАЗ”. URL: https://www.bcmaz.com.ua/catalog/glubokorykhliteli_gr_dgr/.
13. Культиватор навісний КШН-2,2 «Резидент». Каталог продукції Галещина Машзавод™. URL: <https://galmash.com.ua/ua/products/kultivator-shirokozahvatnyj-polunavesnoj-kshn-22-rezident>.
14. Універсальний дисковий агрегат РУБІН. Каталог продукції компанії LEMKEN. URL: <http://lemken.com.ua/production/obrobka/rubin/>
15. Чизель глибокорозпушувач. Каталог продукції «БМ-Сістемс». URL: <https://www.agrobm.com/chyzeli-glybokorozpushuvachi>.
16. Глибокорозпушувачі. Каталог виробника Maschio Gaspardo. URL: <https://www.maschiogaspardo.com/en/web/international>.
17. Глибокорозпушувачі. Каталог виробника Gregoire Besson. URL: <https://www.gregoire-besson.com/ua/machines/helios>.
18. Проектування культиваторів загального призначення / М.В. Бакум, С.П. Нікітін // Навчальний посібник до лабораторно-практичних та індивідуально-консультативних занять. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – 36 с.
19. Combined stubble cultivator MIXTER 100. Проспект фірми KUHN. URL: <https://recarprofi.cz/wp-content/uploads/2014/01/kuhn-mixer.pdf>.
20. Сільськогосподарські машини з пружинними стійками кріплення робочих органів / М.О. Циганенко, О.А. Романащенко, К.Г. Сировицький, В. В. Качанов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2018. – 190. – С. 5-15.
21. Керування агрофізичним станом ґрунтового середовища / Шевченко І.А. – К.: Видавничий дім “Вініченко”, 2016. – 320 с.
22. Коломієць С.М. Обґрунтування параметрів культиваторів-розпушників для передпосівного обробітку ґрунту // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічний сервіс машин для рослинництва. – Випуск 145. – 2014. – С. 75-81.
23. Юр’єва Г.П. Аналіз деформованості пружної S-образної стійки ґрунтообробного агрегату / Г.П. Юр’єва // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. ISSN 2311-441X

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- Technical service of agriculture, forestry and transport systems. – №7, 2017. – С. 127-131.
24. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки: Навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. – Харків: Мачулін, 2019.
 25. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: У 2 т. – Т. 1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: ОКО, 2001. – 443 с.
 26. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.
 27. Ветохін В.І. Системні та фізико-хімічні основи проектування розпушувачів ґрунту: :Автореф. дис. на здобуття ступеня канд. тех. наук: 05.05.11 “Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / В.І. Ветохін. Глеваха, -2010. С. 12-15.
 28. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. // Суми. Університетська книга – 2008. – 450 с.
 29. Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І. Оцінка ефективності глибокого безполицевого обробітку ґрунту // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 50. 2020. С. 3-11.
 30. Охорона праці у сільському господарстві. – ТОВ «ТЕХ МЕДІА ГРУП», 2019 р.

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

					КГА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

[illegible]

[illegible]

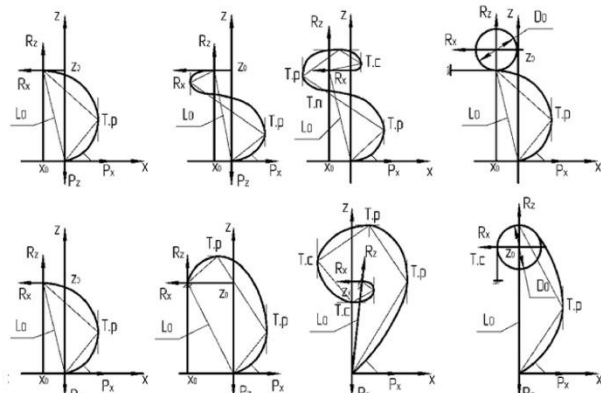
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Удосконалення комбінованого
ґрунтообробного агрегату з
обґрунтуванням параметрів робочих
органів»

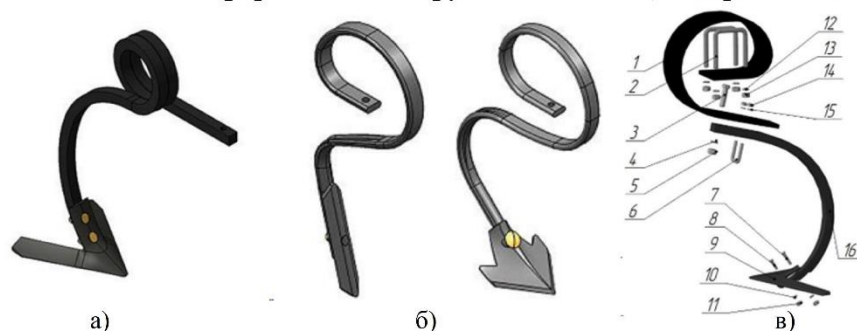
Виконав здобувач вищої освіти
групи ГМ-22М-1.2
Лелека Дмитро Олександрович

Керівник проекту
доц. Дмитро ПЕТРЕНКО

Аналіз конструкцій пружних стояків лап

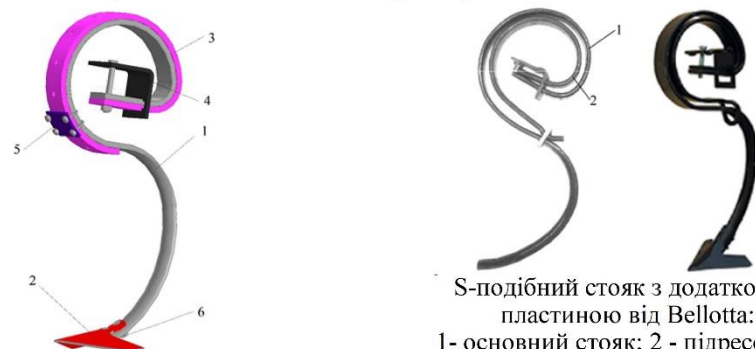


Еквівалентні форми стояків пружних стояків (Федоров С.Е.)



S-подібні стояки:

- а - подвійна спіральна навивка (культиватор SANDOKAN від Maschio Gaspardo);
- б - одинарна навивка (культиватор GRATOR від Maschio Gaspardo);
- в - розбірний стояк (модель Vibroflex від Kongskilde).

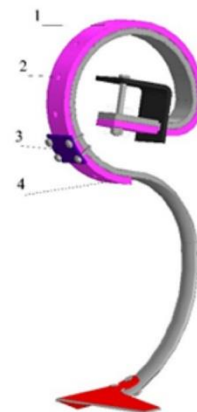


S-подібний стояк з додатковим пластиною від Bellotta:
1- основний стояк; 2 - підресорник.

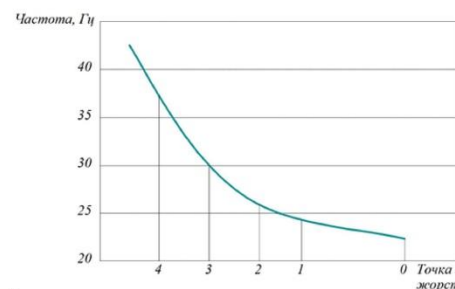
S-подібна стійка з регульованими параметрами жорсткості: 1 - стояк; 2 - лапа; 3 - пружний елемент; 4 - хомут; 5 - повідець; 6 - болтове з'єднання

КТА 00.001 НЧ									
№	Назва	Вид	Матеріал	Діаметр	Довжина	Маса	Вартість	Відповідність	Примітки
1	Основний стояк	Спиральна	Сталь	10	100	0,1	10	Д	
2	Підресорник	Пружний	Сталь	10	100	0,1	10	Д	
3	Пружний елемент	Пружний	Сталь	10	100	0,1	10	Д	
4	Хомут	Пружний	Сталь	10	100	0,1	10	Д	
5	Повідець	Пружний	Сталь	10	100	0,1	10	Д	
6	Болтове з'єднання	Пружний	Сталь	10	100	0,1	10	Д	

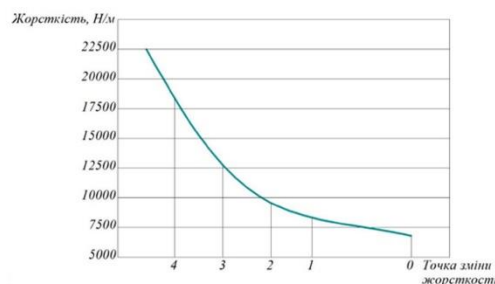
Дослідження роботи лапи



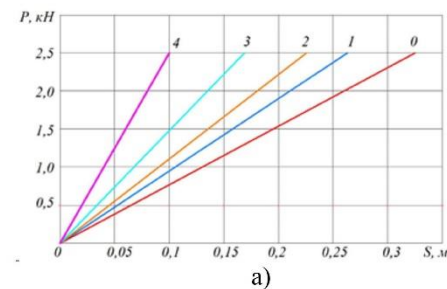
Умови зміни жорсткості стояка



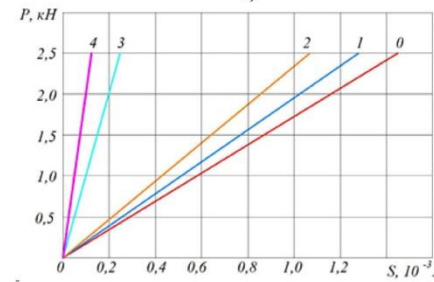
Графік зміни власної частоти коливання носка лапи залежно від точки кріплення додаткового елемента пружної стійки



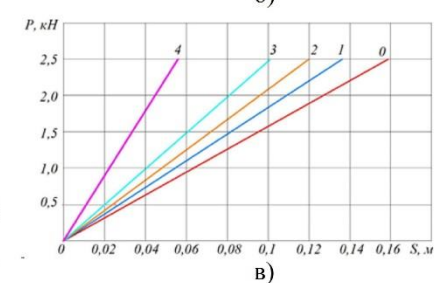
Графік зміни жорсткості стояка лапи залежно від точки кріплення додаткового елемента пружної стійки



а)



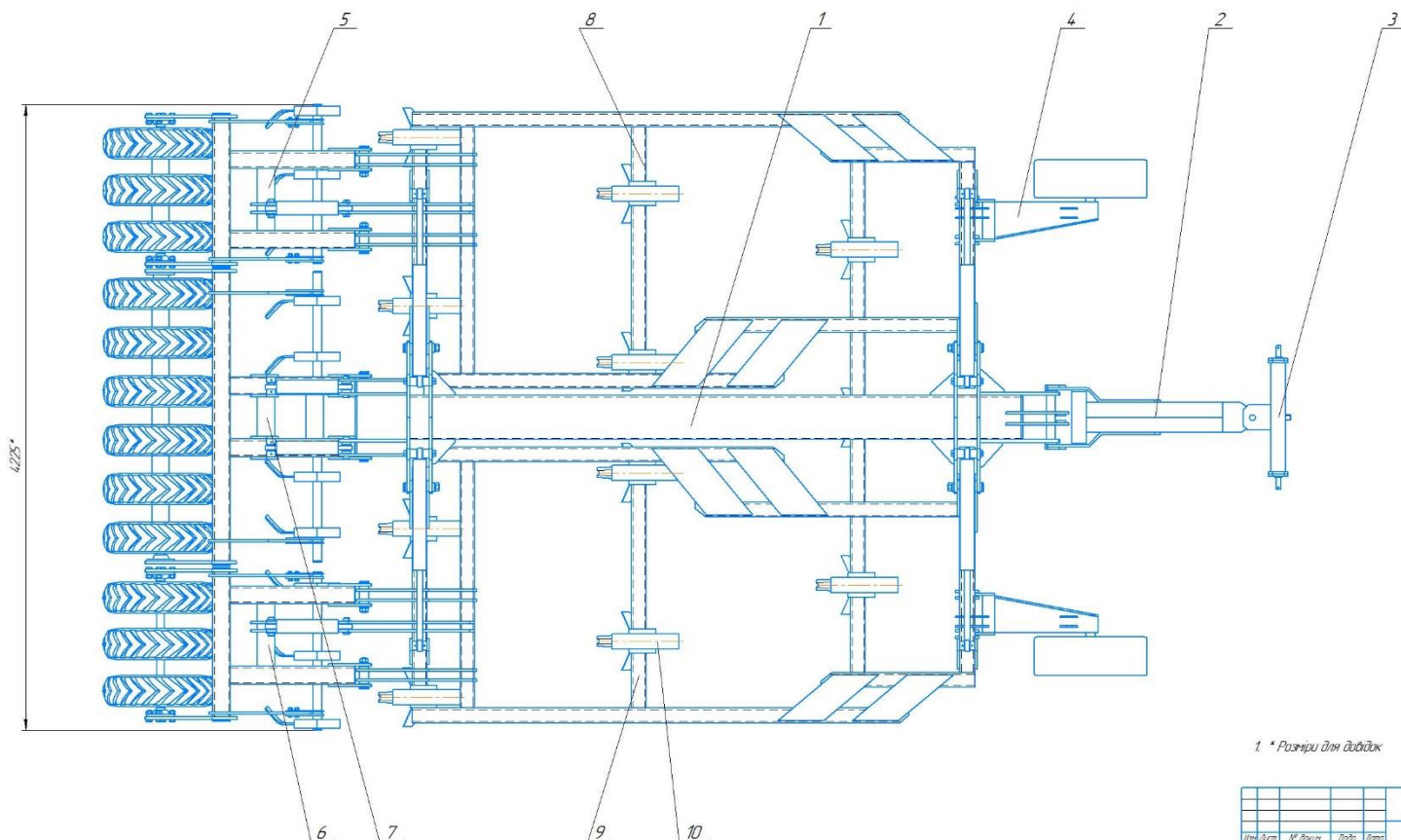
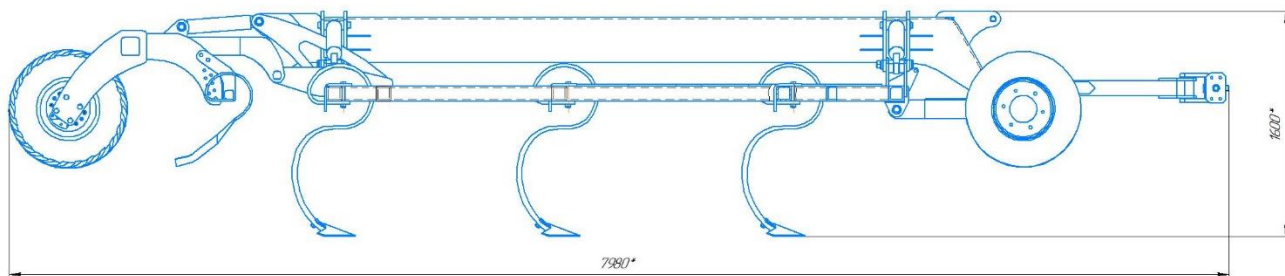
б)



в)

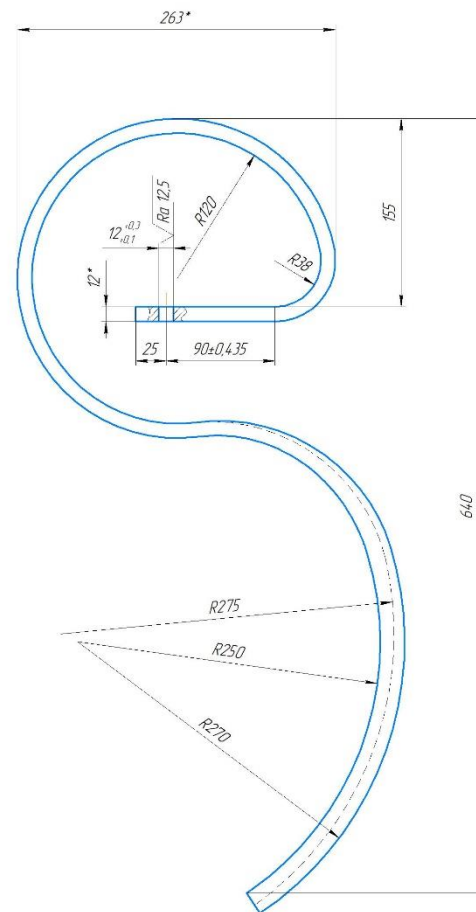
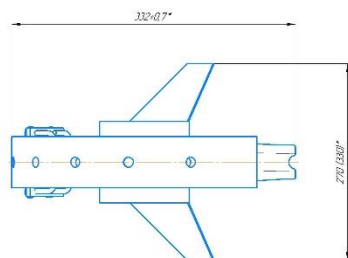
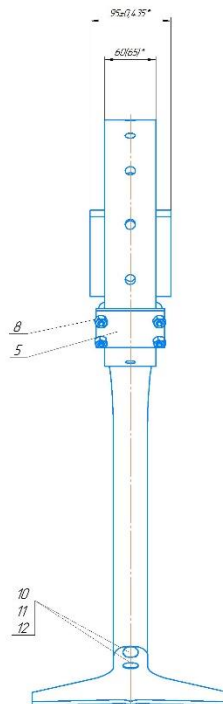
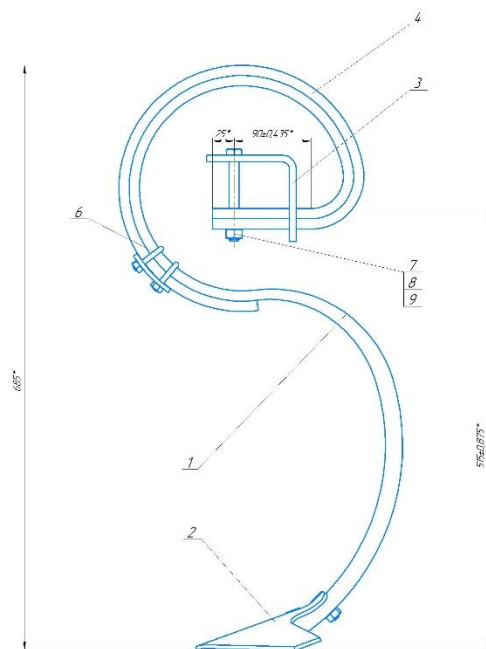
Переміщення носка лапи пружного стояка по осях: а - вісь OX; б - вісь OY; в - вісь OZ; 0- без додаткового регулювання; 1-4 - зміна положення повідця відповідно до схеми

КТА 00.002 НЧ									
№	Назва	Вид	Матеріал	Діаметр	Довжина	Маса	Вартість	Відповідність	Примітки
1	Основний стояк	Спиральна	Сталь	10	100	0,1	10	Д	
2	Підресорник	Пружний	Сталь	10	100	0,1	10	Д	
3	Пружний елемент	Пружний	Сталь	10	100	0,1	10	Д	
4	Хомут	Пружний	Сталь	10	100	0,1	10	Д	
5	Повідець	Пружний	Сталь	10	100	0,1	10	Д	
6	Болтове з'єднання	Пружний	Сталь	10	100	0,1	10	Д	



1. * Размеры для заказа

						КГА 00.000 СК			
Изм./Лист	И.В. Власов	Лист	Всего			Кандидатский группировочный агрегат	Лист	Масштаб	Максимум
Разработ	Лист	Лист	Лист	Лист			1970	115	
Введ.	Лист	Лист	Лист	Лист			Лист	Лист	1
Технича									
Исполн	Лист	Лист	Лист	Лист		—	ЦНПЧ ар. 174-224-11		
Вед.	Лист	Лист	Лист	Лист			Формат А1		



1. Невказані граничні відділення розмірів валів h14, інших $\pm \frac{IT 14}{2}$
 2. Гострі кромки притупити.
 3. Невказані радіуси закруглень R 0,5.
 4. * Розміри для довідок.

* Розміри для довідок

КГА 00.010.601			
Лист	№	Всього	Листів
1	1	1	1
Лист	№	Всього	Листів
1	1	1	1
Лист	№	Всього	Листів
1	1	1	1

Листа в зборі

Копія

Лист	№	Всього	Листів
1	1	1	1
Лист	№	Всього	Листів
1	1	1	1
Лист	№	Всього	Листів
1	1	1	1

КГА 00.010.601			
Лист	№	Всього	Листів
1	1	1	1
Лист	№	Всього	Листів
1	1	1	1
Лист	№	Всього	Листів
1	1	1	1

Стояк

Сталь 65Г

Лист	Масив	Масив
4,8*	12	
Лист	Лист	Лист
1	1	1
Лист	Лист	Лист
1	1	1

ЦНТЧ
зр. ГМ-22М-11

Копія

Формат А3

Перш. примен.

Строби №

Підп. і дата

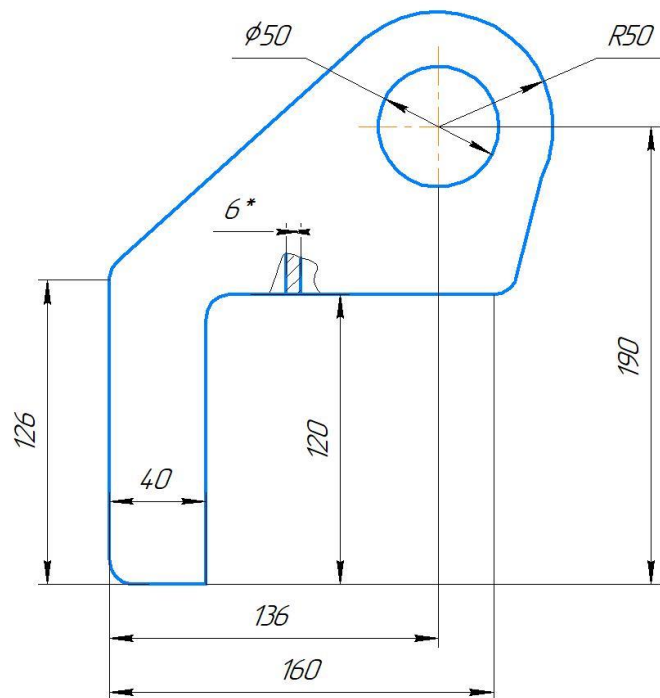
Инд. № з'їл.

Взам. инд. №

Підп. і дата

Инд. № підп.

КГА 00.070.410



1. Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, інших $\pm \frac{IT 14}{2}$
2. Невказані радіуси закруглень $R 10$ мм.
3. *Розміри для довідок.

КГА 00.070.410

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разр.	Лелека			
Проб.	Петренко			
Т.контр.				
Н.контр.	Мачок			
Утв.	Лещенко			

Кронштейн

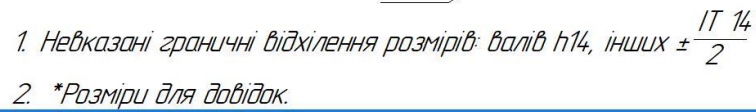
6 ГОСТ 19904-74
Лист 16Г ГОСТ 1541-71

Лит.	Масса	Масштаб
11	2,12	1:1
Лист	Листов	1
ЦНТУ, гр. ГМ-22М-11		

Копировал

Формат А4

ИНВ. № подл.



Лист	Масса	Масштаб
	2,28	1:1
Лист	Листов 1	
ЦНТУ, г.р. ГМ-22М-11		

Формат А4