

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА
БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНА РОБОТА

освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ**
ПОДРІБНЮВАЧА ПІСЛЯЖНИВНИХ РЕШТОК УМС-170”

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62

спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Мар'ян ВОЗНИЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Ярослав СЕМЕН
(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент Ростислав ПАСЛАВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

Мар'ян ВОЗНИЙ. Дослідження параметрів робочих органів подрібнювача післяжнивних решток УМС-170. –Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. Олександра Семковича. –Дубляни, Львівський НУВМБТ імені С.З. Гжицького, 2025.

59 с. текст. част., 19 рис., 3 табл., 23 джерела

Проведено аналіз способів та засобів для знищення післяжнивних решток, зокрема ротаційних комбінованих агрегатів. Обґрунтовано необхідність досліджень робочих органів ротаційного подрібнювача УМС-170 за різної швидкості руху агрегату вздовж валків соломи, що підлягала подрібнюванню.

Проведено теоретичні дослідження взаємодії ротаційного робочого органу подрібнювача УМС-170 з рослинною масою. Отримано аналітичні залежності для розрахунку його основних конструктивно-технологічних параметрів.

Наведено методики та результати експериментальних досліджень з визначення довжини та якості подрібнення соломи роторним подрібнювачем з використанням лабораторної установки.

Розроблена карта умов праці для післяжнивного знищення рослинних решток та логіко-імітаційну модель процесу виникнення травм під час вказаного технологічного процесу. Розглянуті питання охорони довкілля.

Виконана економічна оцінка використання подрібнювача післяжнивних решток. Як показали розрахунки річний економічний ефект становить 1844,88грн., а у випадку використання його за весь термін експлуатації – 6708,65грн.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Аналіз способів знищення післяжнивних решток.....	8
1.2 Аналіз конструкцій машин для знищення післяжнивних решток.....	9
Висновки.....	22
2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО ПОДРІБНЮВАЧА.....	23
2.1 Обґрунтування робочого ротаційного подрібнювача.....	23
2.2 Дослідження процесу подрібнення рослинної маси.....	27
Висновки.....	33
3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	34
3.1 Мета і програма експериментальних досліджень.....	34
3.2 Передумови проведення дослідів.....	34
3.3 Методика визначення процесу подрібнення соломи.....	35
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	39
4.1 Конструктивно-технологічні параметри роторного подрібнювача.....	39
4.2 Параметри процесу подрібнення соломи.....	40
Висновки.....	41
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ.....	42
5.1 Складання карти під час використання комбінованого подрібнювача.....	42
5.2 Оцінка рівня виникнення небезпеки аварій і травм.....	45
5.3 Основні чинники негативного впливу на довкілля під час післяжнивного обробітку ґрунту.....	49
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	

ПОДРІБНЮВАЧА СОЛОМИ.....	51
Висновки.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	58

ВСТУП

Серед відомих механізованих технологій післяжнивного обробітку ґрунту, особливо після збирання ріпаку озимого, багаторічних трав, зернових, окремих грубостеблових культур (кукурудзи, соняшнику) та капусти, коренева система якої доволі розвинена, а сам стрижень містить багато хвороб найефективнішим є поверхневий обробіток, який передбачає руйнування зв'язку кореневищ рослин з ґрунтом та їх подрібнення разом з післяжнивними рештками на поверхні поля з частковим їх зароблянням у верхні шари.

Для виконання вказаної технологічної операції застосовують переважно важкі дискові борони або луцильники. Через порівняно невелику глибину заробляння післяжнивних решток робочими органами вказаних знарядь у верхньому шарі ґрунту можуть спостерігатися негативні прояви впливу на довкілля через зниження родючості, появу ерозійних процесів й деградацію ґрунтів [1, 3, 9].

Досить поширеним методом післяжнивного обробітку полів, засмічених рештками грубостеблових культур є використання машин з активними ножеподібними роторами з вертикальною віссю обертання. Характерною особливістю їх роботи є високий ступінь подрібнення та заробляння решток у верхньому шарі ґрунту на глибину до 6см. Проте, такий метод потребує подальшого обробітку ґрунту важкими дисковими боронами або оранку на глибину до 25см. Якщо цього не дотримуватись, то раз на три-п'ять років необхідно проводити глибокий (до 0,4м) чизельний обробіток плугами, чизельними культиваторами або культиваторами-плоскорізами [1, 3-6].

Актуальність теми. Останніми роками для післяжнивного обробітку ґрунту широко застосовують машини з активними робочими органами (фрези) та комбіновані ґрунтообробні агрегати. Маючи набір різноманітних за інтенсивністю і глибиною обробітку робочих органів вони здатні якісно виконувати технологічний процес в різних ґрунтово-кліматичних мовах і з наявністю великої кількості післяжнивних решток на поверхні поля та кореневищ культурних рослин

Робочий процес подрібнення післяжнивних решток сільськогосподарських культур за допомогою комбінованого подрібнювача передбачає попереднє пере-

різання хаотично розміщених на поверхні поля стебел післяжнивних решток плоскими дисковими ножами; наступне розпушення ґрунту в міжрядді розподільниками й переміщення усіх рослинних решток до зон подрібнення, які співпадають з осями попередньо скошених рядків вирощуваних рослин; ущільнення утворених валків парою котків; остаточне подрібнення активними робочими органами фрезерних секцій рослинних решток та кореневищ і остаточне вирівнювання поверхні поля.

Комбіновані агрегати обладнують різноманітними робочими органами, а тому їх параметри слід обґрунтовувати, спираючись на ґрунтово-кліматичні умови та стан рослинності (решток), які є на полі. Оскільки першим робочим органом комбінованого агрегату є плоский диск, то саме від обґрунтування його параметрів залежить ефективна робота інших робочих органів машини.

Мета дослідження – підвищення ефективності подрібнення післяжнивних решток через дослідження та конструктивно-техно-логічних параметрів робочих органів комбінованого подрібнювача.

Задачі досліджень:

1. Виконати аналіз способів і засобів для подрібнення післяжнивних решток;
2. Аналітично дослідити взаємодію робочих органів комбінованого подрібнювача з рослинним матеріалом;
3. Провести експериментальні дослідження взаємодії робочих органів комбінованого подрібнювача з соломною;
4. Розробити карту умов праці під час подрібнення післяжнивних решток та заходи з охорони довкілля;
5. Виконати економічну оцінку використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток.

Об’єкт дослідження – ножеподібний робочий орган ротаційного подрібнювача решток та технологічний процес його взаємодії з соломною.

Предмет дослідження – закономірності зміни показників ефективності подрібнення післяжнивних решток від параметрів ножеподібних робочих органів комбінованого ротаційного подрібнювача.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз способів знищення післяжнивних решток

З-поміж відомих механізованих способів знищення післяжнивних решток, особливо після збирання високостеблових культур (таких як кукурудза, соняшник) та капусти, яка має досить розвинену кореневу систему й стрижень, часто обтяжений хворобами, найбільш дієвим є поверхневий обробіток. Він передбачає подрібнення пожнивних решток із частковим їхнім заглибленням у верхні шари. Для виконання такої технологічної операції зазвичай використовують важкі дискові борони чи луцильники. Через відносно невелику глибину заробляння робочими органами цих машин, у верхньому шарі ґрунту можуть виникати негативні екологічні наслідки: зниження родючості, активізація ерозійних процесів та деградація ґрунтів [1, 3, 6, 17].

Обробляти поля після збирання високостеблових культур дисковими робочими органами варто у два проходи, здійснюючи повторне дискування чи лущення, але перпендикулярно (поперек) до попереднього сліду. При цьому суттєво зростають витрати енергії та фінансові ресурси, а ходові системи енергетичних засобів надмірно негативно впливають на ґрунт, спричиняючи його ущільнення [1, 3 – 6, 9, 17].

Сучасні методи нульового чи мінімального обробітків ґрунту передбачають, що незернову частину врожаю частково подрібнюють безпосередньо робочими частинами збиральних машин (комбайнів), одночасно рівномірно розподіляючи подрібнену масу по полю. Це у подальшому полегшує її заробляння під час обробки ґрунту важкими дисковими боронами, луцильниками або дисковими плугами. На таких полях можна проводити культивуацію із одночасним боронуванням для формування належної структури ґрунту та знищення бур'янів, або ж відразу сіяти озимі культури спеціалізованими сівалками [1, 3].

Технологія підготовки ґрунту під сівбу озимих зернових після збору кукурудзи на силос вимагає першочергового лущення поля дисковим знаряддям (переважно луцильниками) на глибину 5-6см та оранки на 20-22см із одночасним

коткуванням ґрунту, виконується це орієнтовно за двадцять днів до сівби. За два-три дні до сівби ґрунт обробляють дисковими чи лемішними луцильниками, паралельно ущільнюючи поверхню кільчасто-шпоровими котками, і проводять передпосівну культивуацію із зубовим боронуванням [8].

Останніми роками для післяжнивного обробітку полів, засмічених рештками високостеблових культур, почали активно використовувати машини з активними ножеподібними роторами, котрі мають вертикальну вісь обертання. Вони демонструють високий ступінь подрібнення та заробляння решток у верхньому шарі на глибину до 6см. Подальші роботи передбачають дискування або оранку на глибину до 25см. Якщо оранка не застосовується, то раз на три-п'ять років необхідно робити глибоку ґрунтообробну операцію чизельними плугами, чизельними культиваторами або культиваторами-плоскорізами [6, 9].

Протягом останніх років для післяжнивного обробітку ґрунту активно залучають машини з активними робочими органами (типу фрез) та універсальні ґрунтообробні агрегати [7, 12-14, 20, 21].

1.2 Аналіз конструкцій машин для знищення післяжнивних решток

Комбінований ґрунтообробний агрегат розроблений для зрізання та одночасного подрібнення рослинних решток стеблових культур на полі за допомогою активних робочих органів. Агрегат містить раму 1 (рисунок 1.1), яка спирається на два колеса 3 із механізмом 4 для регулювання глибини обробки. Передня частина обладнана навісним пристроєм 2. Агрегат укомплектовано пасивними робочими елементами 5 у вигляді плоскорізальних лап та активним ротором 6, оснащеним ножовими робочими органами та горизонтальною віссю обертання. У задній частині рами 1 агрегату розміщені котки 12, які остаточно вирівнюють поверхню поля одразу після проходження комбінованого агрегату. У передній частині розташовані дискові робочі елементи 10 із прутками 11, шлейф-волокуша 8 та захисний кожух 7 [21].

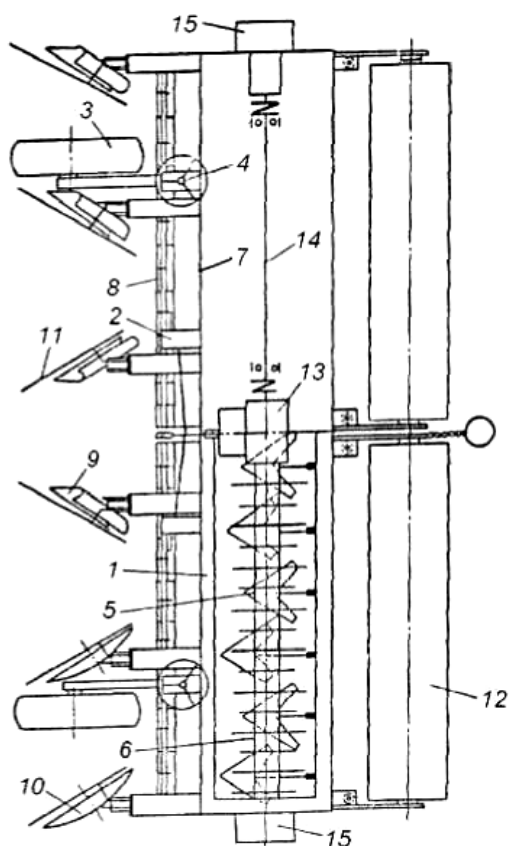


Рисунок 1.1—Схема ґрунтообробного агрегату:

1 - рама; 2 - начіпний пристрій. 3 - опорне колесо; 4 - механізм регулювання висоти; 5 - плоскорізальні робочі органи; 6 - ножовий ротор; 7 - захисний кожух; 8 - шлейф-волокуша; 9 - плужки; 10 - диски; 11 - прутки; 12 - котки; 13 - редуктор; 14 - вал; 15 - бокові редуктори.

Крутний момент до активних робочих органів, а саме роторів 6, передається через вал відбору потужності (ВВП) від двигуна трактора. Це здійснюється через проміжні елементи: карданний привід, головний конічний редуктор 13, проміжні вали 14 з механізмами муфтового захисту та бокові редуктори 15.

Коли знаряддя пересувається уздовж поля, заробляючи рослинні рештки після збору врожаю, його дискові органи 10 разом із прикочуючим шлейфом 8 рівномірно розподіляють ці рештки по полю, злегка притискаючи їх до поверхні поля. Активний ротор 6, обертаючись, за допомогою ріжучого елемента (ножа) інтенсивно подрібнює як ті рештки, що лежать на поверхні, так і кореневища рослин, змішуючи їх із ґрунтом і загортаючи в його верхній шар.

Пасивні органи 5, які виконують плоскоріжучу дію, підрізають шар, попередньо розпушений ротором 6 і одночасно готують посівне ложе, частково його ущільнюючи. Такий сукупний вплив на рослинність і верхній шар ґрунту гарантує якісне подрібнення залишків, їх ефективне перемішування з ґрунтом та насичення верхніх шарів повітрям. Розпушений шар, вже змішаний із подрібненими рештками, остаточно ущільнюється та вирівнюється котками 12.

Відомий також причіпний фрезерний ґрунтообробний агрегат, який містить як пасивні, так і активні робочі органи, функціонально, за конструкцією та цільовим призначенням подібний до вищеописаного.

Відмінна його особливість полягає в тому, як активні робочі органи цього агрегату впливають на рослинність: це змішана, різноглибинна дія робочих органів двосекційного фрезерного барабана, ножі на якому розташовані на двох рівнях. Сам барабан є порожнистим валом, на якому закріплено десять дисків, а вже на дисках попарно монтовані Г-подібні ріжучі ножі. При обертанні барабанів ножі подрібнюють післяжнивні та інші рослинні залишки, одночасно змішуючи їх із ґрунтом. Заглиблення ножів першого рівня становить 1-2см, а другого – 6-7см.

Пасивні плоскоріжучі лапи, розташовані безпосередньо за фрезерними робочими частинами, обробляють ґрунт на глибину до 14 см (третій рівень). За ними слідує голчаста борона, яка остаточно розпушує землю, вирівнює її поверхню, забезпечує приплив повітря та одночасно дещо ущільнює оброблений верхній шар.

Ґрунтообробна машина КОГ-2 призначена для суцільного або смугового обробітку ґрунту, знищення післяжнивних решток і кореневищ грубостеблових культур (соняшнику, кукурудзи), а також ріпаку, капусти та заробляння сидератів.

Основою машини є жорстка зарна рама 6 (рисунок 1.2), на якій жорстко закріплені два глибокорозпушувачі 2 та подрібнювальний барабан 3 великого діаметру у вигляді пустотілого циліндра з зубоподібними гребінками на поверхні. Передня частина рами обладнана системою начіпки 1 для єднання машини з енергетичним засобом, а задній її частині шарнірно закріплені батареї дисків 4 та пруткові котки 5.

Глибокорозпушувачі 2 обробляють нижній шар ґрунту на глибину до 40см, підрізаючи його у горизонтальній та деформуючи у вертикальній площинах. Подрібнювальний барабан 2 збільшеного діаметру обертається завдяки контакту із поверхнею ґрунту і при цьому інтенсивно діє на рослинні

рештки загостреними гребінками, вириває коренеища рослин, подрібнює їх та стебла рослин, перемішуючи одночасно з ґрунтом та зароблює на глибину до 15см.

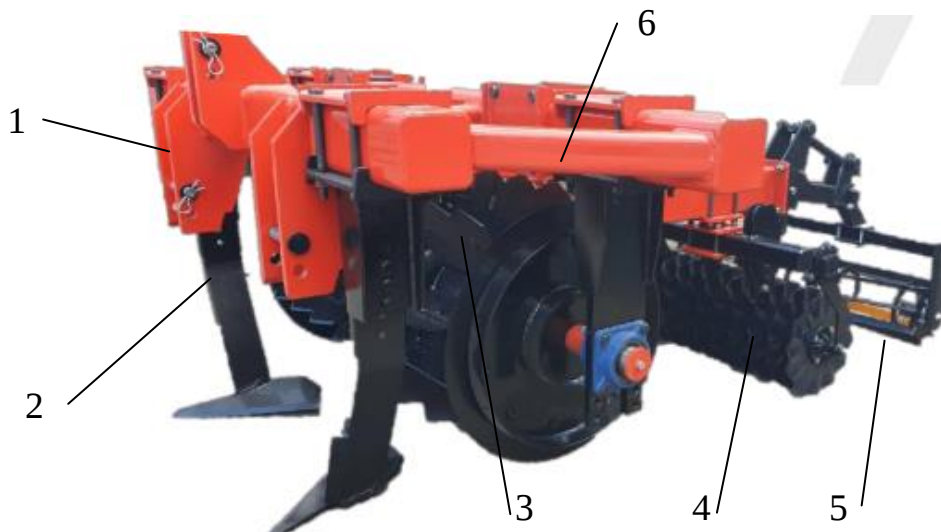


Рисунок 1.2 – Машина для обробітку ґрунту КОГ-2:

1 – система начіпки; 2 – глибокорозпушувач; 3 – подрібнювальний барабан; 4 – батарея дисків; 5 – прутковий коток; 6 – рама.

Батарея дисків (колтерів), що рухається позаду подрібнює поверхневий шар, насичуючи його повітрям, а прутковий коток 5 – забезпечує остаточне вирівнювання поверхні поля.

Дисковий луцильник Softer розроблений для неглибокої обробки стерні після збору ранніх та середніх зернових культур на глибину, що не перевищує 12 сантиметрів.

Конструкція луцильника включає раму 1 (рисунок 1.3), на передній секції якої встановлені у два ряди робочі органи 2 дискового типу зі сферичною поверхнею, а ззаду розташовані ущільнюючі котки 3, що виконані у вигляді прогумованих коліс. Переведення рами в робочий стан або транспортне положення переводиться завдяки двох опорних коліс 4.

Конструктивною перевагою луцильника Softer є можливість варіативного налаштування притискного зусилля дисків на поверхню ґрунту, що сприяє найефективнішому подрібненню пожнивних залишків. На луцильному агрегаті

застосовуються сферичні вирізні диски 2 із діаметром 510мм, оснащені еластичною підвіскою, яка слугує захистом від руйнування при зіткненні з перешкодами. Робоча глибина, що варіюється в межах 3,5-12см, коригується шляхом встановлення обмежувальних шайб (кліпсів).

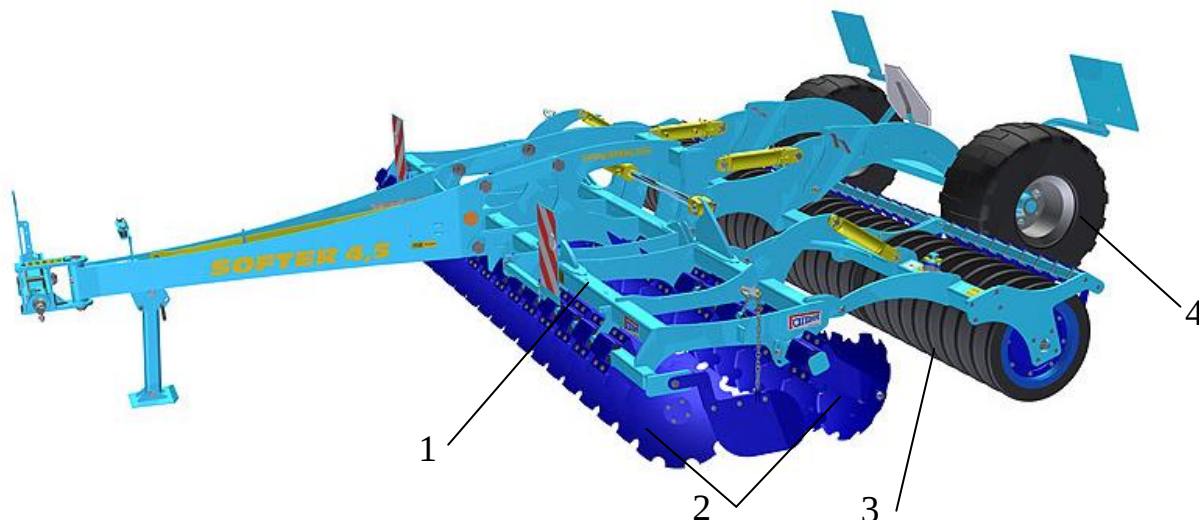


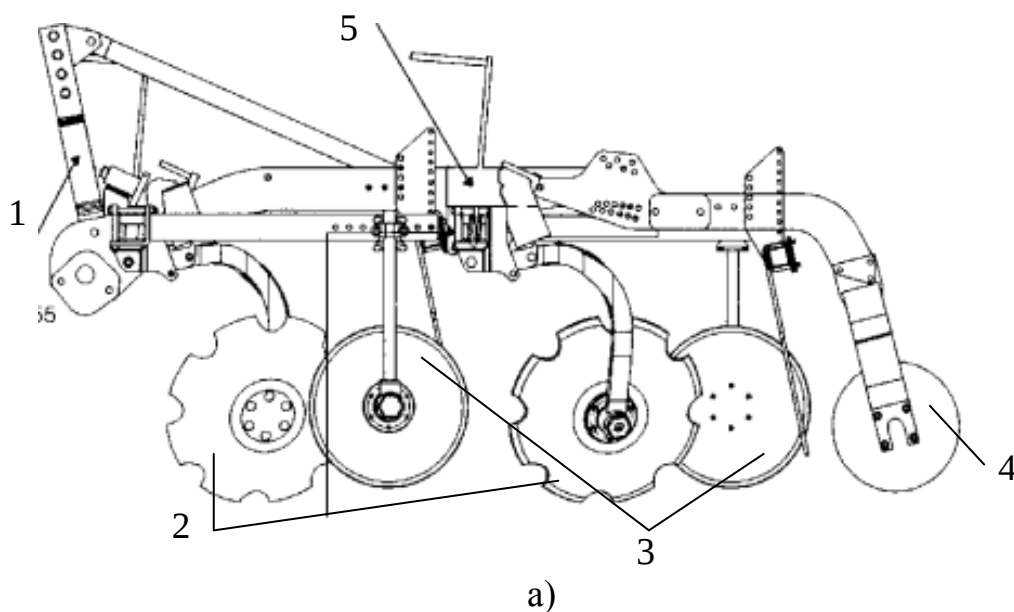
Рисунок 1.3 – Дисковий подрібнювач Softe:

- 1 – рама; 2 – сферичні вирізні диски; 3 – ущільнювальні котки;
4 – транспортні колеса.

Відстань між дисками становить 24 см, що гарантує легке проходження рослинних решток між ними без ризику забивання. Зовнішні диски обладнані незалежними механізмами регулювання глибини, забезпечуючи плавний перехід між суміжними проходами.

Серед недоліків даної машини слід відзначити невелику глибину обробки та обмежену якість подрібнення грубостостеблових залишків.

Ґрунтообробне дискове знаряддя Rubin 9 Ü фірми LEMKEN призначене для поверхневого обробітку ґрунту на глибину до 12см з одночасним подрібненням і загортанням рослинності на поверхні поля та післяжнивних решток переважно дрібностеблових культур, вирівнювання поверхні обробленого поля, заробляння сидерату на глибину до 10см. Ґрунтообробне знаряддя має робочі органи у вигляді сферичних вирізних дисків (рисунок 1.4), розміщених на рамі 5 у два ряди. Позаду них змонтовано пружні граблини 3 і прутковий коток 4 [3, 9].



б)

Рисунок 1.4 – Грунтообробний дисковий агрегат Rubin 9 Ü:

а) схема; б) загальний вигляд; 1 – начіпка; 2 – сферичні вирізні диски; 3 – граблини; 4 – прутковий коток; 5 – рама.

Сферичні диски 2 переднього і заднього рядів однакові і мають діаметр 610мм. Вони кріпляться до рами 5 за допомогою індивідуальних стійок. Таке кріплення запобігає забиванню дисків рослинністю, особливо під час роботи на підвищених швидкостях та зароблянні великої кількості рослинності на сидерат.

Дисковий подрібнювач типу Diskomat призначений для розпушення ґрунту на глибину до 18 см із одночасним загортанням у нього залишків після збору врожаю [9].

Подрібнювач має раму 1 (рисунок 1.5), на якій у два ряди змонтовано увігнуті сферичні диски 2, діаметр кожного з яких становить 620мм. До рами 1 шарнірно приєднано раму з ущільнювальними котками 4. Між цими робочими органами змонтовано гребінку 3.

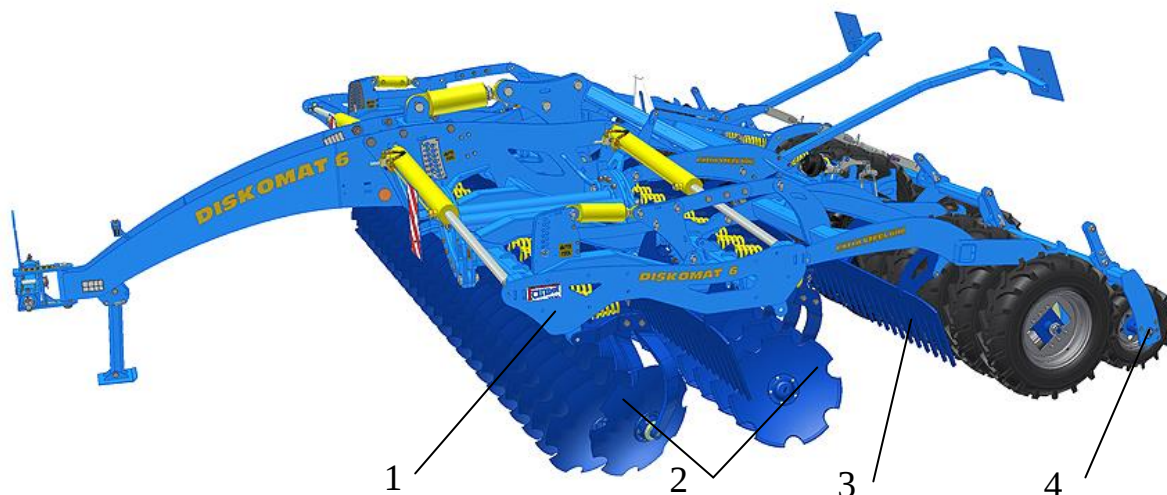


Рисунок 1.5 – Дисковий подрібнювач Diskomat:

1 – рама; 2 – сферичні вирізні диски; 3 – підпружинена гребінка; 4 – ущільнювальні котки.

У процесі експлуатації сферичні диски з вирізами 2 здійснюють обробку ґрунту у зустрічних напрямках, що сприяє якісному подрібненню та загортанню пожнивних залишків. Гребінка 3, обладнана пружинним механізмом, яка слідує за дисками 2, вирівнює поверхню поля, а котки 4 на фінальному етапі обробітку здійснюють її ущільнення. Даний агрегат доволі якісно працює на полях із залишками зернових культур та зріженого травостою, тоді як при обробітку полів з рештками культур, що мають грубі стебла, можуть спостерігатися певні недоліки у повноті їхнього заробляння.

Відомий також комбінований подрібнювач, розроблений на базі ґрунтообробної фрези-культиватора КФ-54. Він призначений для подрібнення пожнивних решток і кореневищ грубостеблових сільськогосподарських культур з одночасним їх перемішуванням та зароблянням у ґрунт [7].

Цей комбінований агрегат має несучу раму 1 (рисунок 1.6), на якій розміщені дільники 3, робочі секції фрези 6 з захисними екранами (щитками) для вирівнювання поля, дискові ріжучі елементи 2, а також ущільнюючі котки 4. В задній частині рами 1 комбінованого подрібнювача розташовані опорно-привідні колеса 5.

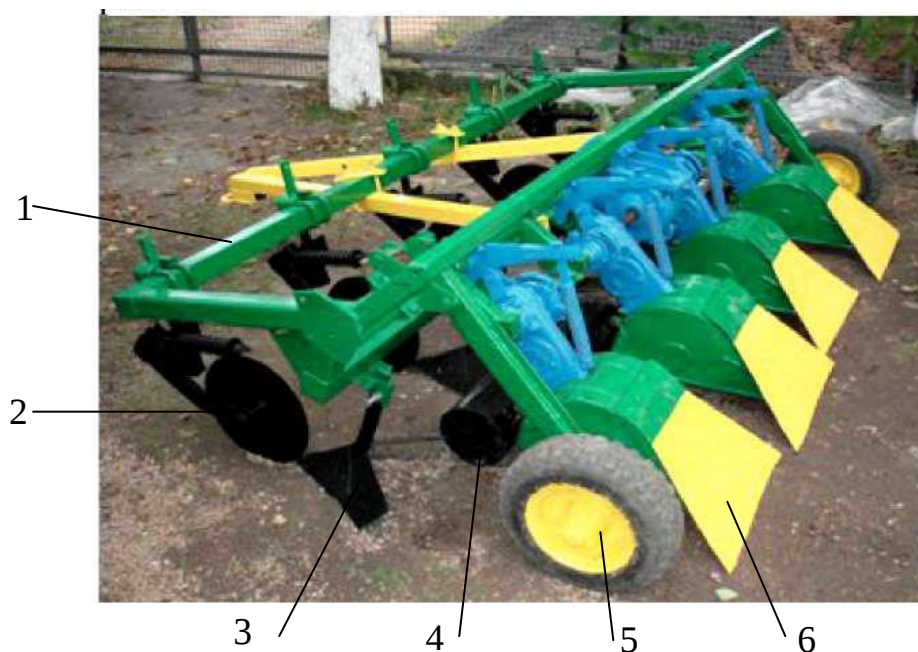


Рисунок 1.6 – Подрібнювач рослинних залишків грубостеблових культур:

1 – рама; 2 – дискові ножі; 3 – дільники; 4 – ущільнювальні котки; 5 – опорні колеса; 6 – робочі фрезерні секції з вирівнювальними щитками.

Коли цей багатofункціональний подрібнювач рухається вздовж рядів вже зібраних високостеблових культур, його спрямовуючі елементи 3 згрібають рослинні залишки, що залишилися на поверхні та нерівномірно розкидані між рядами, формуючи їх у валки. Там вони піддаються подрібненню ріжучими елементами секцій роторного типу 6, водночас змішуючись із ґрунтом та подрібненими частинами корневих систем зібраних рослин. Дискові ножі 2, розташовані спереду основної конструкції подрібнювача, розрізають стебла кукурудзи (чи соняшнику), зменшуючи їхній розмір, а котки ущільнення 4 притискають рослинні рештки, зібрані спрямовуючими елементами 3, у смуги, аби підвищити продуктивність роботи активних робочих органів фрези 6.

Аналогічним йому є багатфункціональний подрібнювач для пожнивних залишків, який складається з рами 1 (рисунок 1.7), у передній частині якої встановлені плоскі ножі 5 дискового типу з вирізами, за ними – елементи для розподілу (розпушувальні лапи з бічними напрямними) рослинних решток 6 та котки для ущільнення 7. У задній частині конструкції агрегату знаходяться секції фрезерного типу 8, оснащені захисними щитками 9. Приведення в дію фрезерних секцій здійснюється від валу відбору потужності 10 трактора 4 через карданний вал 11, головний (центральный) редуктор 12 та ланцюгову передачу 13 [13].

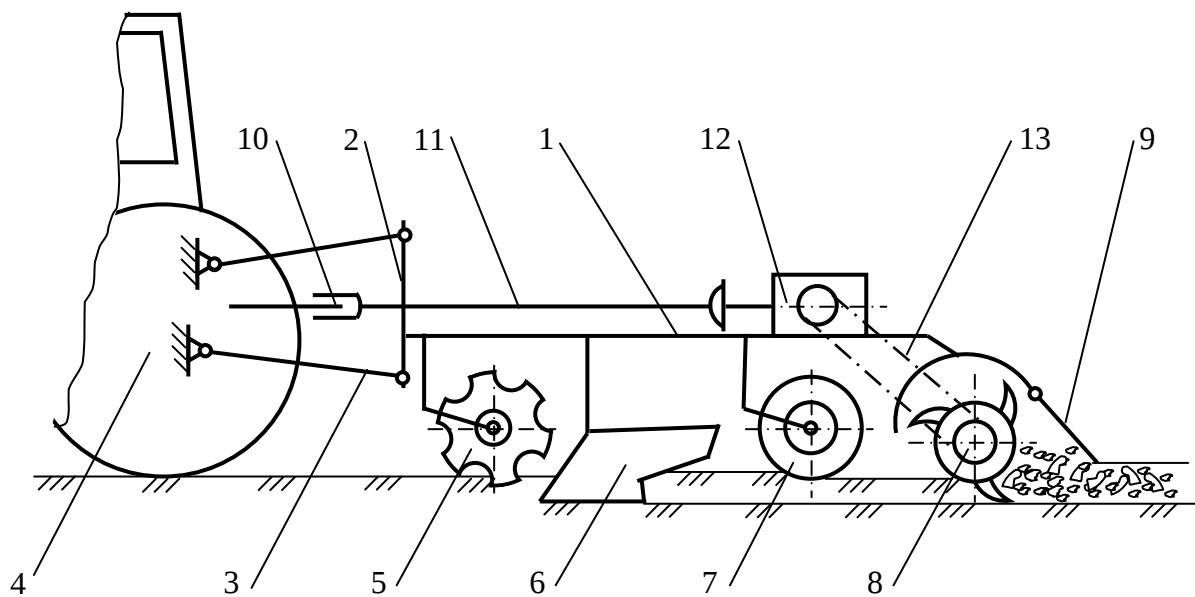


Рисунок 1.7–Схема комбінованого подрібнювача післяжнивних решток:

1 – рама; 2 – начіпка; 3 – гідравлічна система начіпки; 4 – енергетичний засіб; 5 – плоскі вирізні дискові ножі; 6 – розпушувальні лапи; 7 – прикочувальні котки; 8 – фрезерні секції; 9 – вирівнювальні щитки; 10 – вал відбору потужності; 11 – кардана передача; 12 – редуктор; 13 – ланцюгова передача.

Комбінований подрібнювач, переміщуючись вздовж рядків зібраних грубоствелювих культур своїми плоскими вирізними дисками 5 перерізає на менші частини стебла рослин, які хаотично розкидані на поверхні поля та скеровує їх на розподільники 6. Вони, в свою чергу, розпушують ґрунт і направляють попередньо перерізані післяжнивні рештки в зони інтенсивного подрібнення. В цих

зонах уся рослинна маса ущільнюється котками 7, а далі – подрібнюються фрезерними робочими органами секцій 8, тоді як поверхня ґрунту вирівнюється за допомогою щитків 9

Подрібнювач типу УМС-170, розроблений ТОВ «Либідь», застосовують для подрібнення стерні (соломи) після збирання переважно озимих культур з одночасним рівномірним розкиданням подрібненої маси по полю. Дана машина складається з рами 1 (рисунок 1.8) з горизонтально розташованим у ній робочим валом (ротором) 7, на якому закріплені рухомо спеціальні різальні ножі 6. Обертання ротора забезпечується через карданний пристрій 3, центральний редуктор 2 та пасову передачу 4 [20].

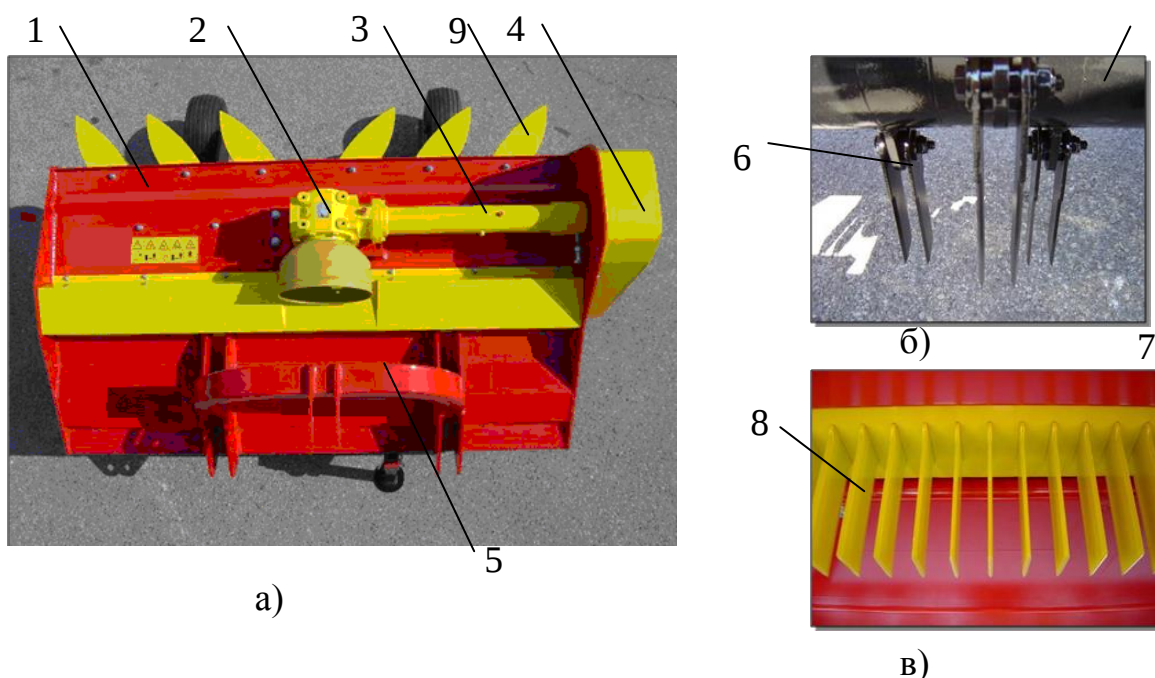


Рисунок 1.8 – Подрібнювач УМС-170 (а), ножі (б) та проти ножі (в):

- 1 – рама; 2 – редуктор; 3 – карданний привод; 4 – пасова передача;
5 – начіпка; 6 – ножі; 7 – ротор; 8 – протиножі; 9 – напрямні.

Ротор 7 цього подрібнювача-мульчувача оснащено спеціальними ріжучими елементами 6 (див. рисунок 1.8, б) у вигляді ножів, що обертаються у напрямку, протилежному до руху машини. Ріжучі елементи (ножі) 6 захоплюють залишки після жнив (наприклад, соломку, що лежить валками) та подрібнюють їх до найдрібніших частинок. Під час роботи подрібнювані залишки проходять

крізь ряд контр-ріжучих елементів 8, розташованих між ротором 7 та корпусом подрібнювача. Це забезпечує додаткове роздроблення оброблюваного матеріалу на ще менші фракції. Подрібнена маса, завдяки повітряному потоку, який створюється обертовим ротором 7, викидається позаду машини через напрямні 9 (див. рисунок 1.8, а). Вони змонтовані під кутом відносно напрямку руху агрегату та сприяють рівномірному розсіванню подрібненої маси по поверхні ґрунту.

Запропонована конструкція подрібнювача-мульчувача УМС-170 є досить продуктивною при роботі з пожнивними рештками (соломою) зернових культур. Однак, для подрібнення більш грубостеблових сільськогосподарських культур вона пристосована слабше через можливе забивання робочих органів (ножів) рослинними рештками.

Подрібнювач моделі ПРР -280 також розроблений ТОВ «Либідь», має ширше застосування, оскільки призначений для механічного подрібнення післяжнивних залишків кукурудзи, соняшнику, багаторічних та однорічних трав, а також скошених гілок у міжряддях плодових насаджень, виноградників та невеличких чагарникових посадок. Його особливо часто використовують для зрізання високої рослинності та кущів з пагонами діаметром до 5 сантиметрів на занедбаних та необроблюваних ділянках [14].

Подрібнювач ПРР-280 складається з рами 5 (рисунок 1.9), закритої зверху кожухом 3, центрального редуктора 4, а також карданного 1 та пасового 2 приводів. Усередині кожуха, на підшипникових вузлах, закріплено ротор з робочими органами, які можуть бути або у вигляді молоточків, або у вигляді Y-подібних ріжучих елементів (ножів) 6.

Молотки ефективні для подрібнення густої чагарникової порослі та залишок кукурудзи після збору врожаю, тоді як ножі Y-подібної форми краще підходять для подрібнення менш жорстких решток соняшнику, ріпаку та трав'янистих культур.

Подрібнювач ПРР-280 з'єднується з тяговою машиною через її задній триточковий навісний пристрій, розташовуючись рівно по центральній осі трактора.

Кронштейн дозволяє змінювати робочу висоту різальних елементів над землею у діапазоні від 30 до 180 міліметрів.

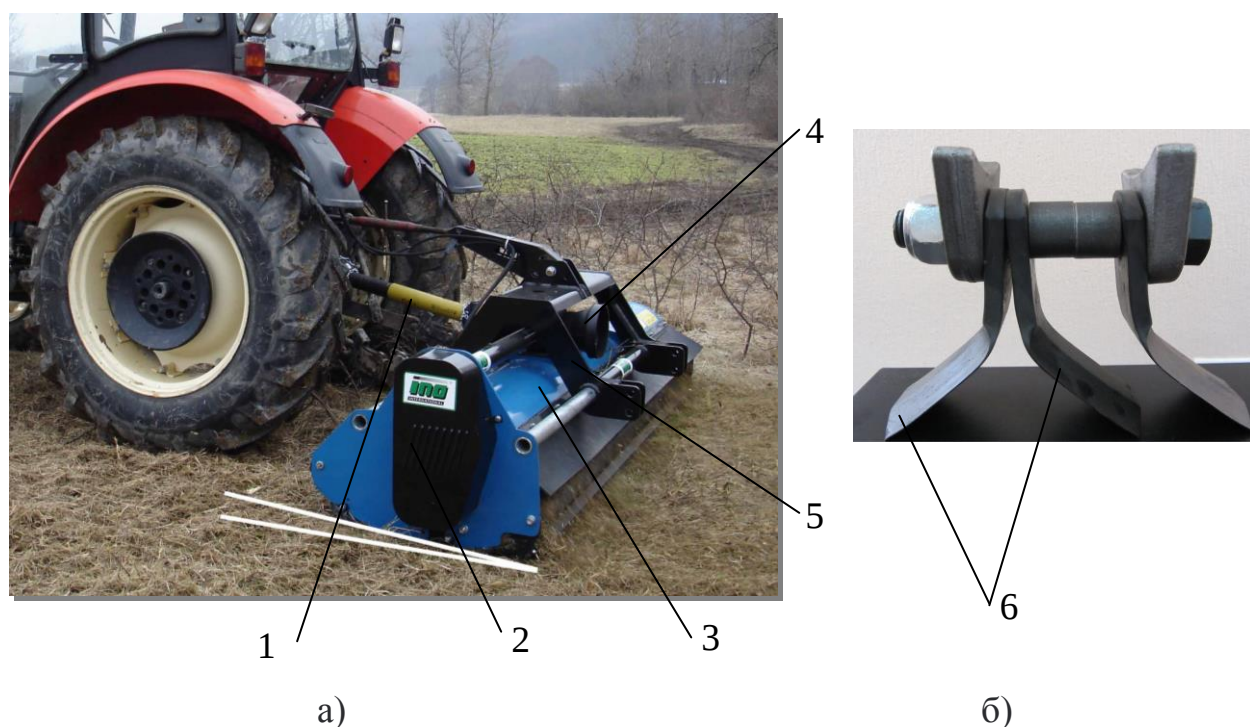


Рисунок 1.9 – Подрібнювач пожнивних решток ПРР-280 (а)
та його робочий орган (б):

1 – карданна передача; 2 – пасова передача; 3 – кожух; 4 – центральний редуктор; 5 – рама; 6 – робочий орган (Y-подібний ніж).

Напівпричіпні мульчувачі MULCHER MZ (рисунок 1.10) від фірми BEDNAR FMT мають робочу ширину від 4,5 до 5,8 метрів, залежно від конкретної моделі. Усі вони мають однакове призначення – обробка стабільних трав'яних покривів, луків та пасовищ, а також мульчування післяжнивних залишків таких культур, як ріпак, кукурудза, соняшник, зернові, та знищення небажаних чагарникових і деревних насаджень та їх порослі на поверхні ґрунту [12].

Подрібнювач MULCHER MZ обладнано двома парами вигнутих ножів (див. рисунок 1.10, б), закріплених на роторі. Леза цих ножів мають загострену різальну кромку і придатні для подрібнення як трав'яного покриву, так і для розривання, подрібнення й перемішування з верхнім шаром ґрунту (на глибину

до 8 см) стерні та пожнивних залишків від таких культур, як ріпак, соняшник, кукурудза, зернові та інших.



а)



б)

Рисунок 1.10 – Напівначіпний подрібнювач MULCHER MZ (а)
та його робочий орган (б)

Принцип роботи подрібнювачі MULCHER MZ побудований на технології руху ножів з вертикальною віссю обертання. Завдяки великим їх габаритам вони здатні ефективно знищувати рослинність і перемішувати її з верхнім шаром ґрунту. Проте, на ділянках полі з пересіченою місцевістю їх використання обмежене через велику нерівномірність обробки поля і зниження якості роботи в цілому.

Отже, наявні сьогодні подрібнювачі для пожнивних решток здебільшого є окремими машинами або ж інтегрованими комплексами, ключовою складовою яких є рухомий робочий елемент (ротор з ножеподібними робочими органами),

що, обертаючись, спроможний якісно подрібнювати та водночас заробляти в ґрунт залишки як зернових, так і грубостеблових культур чи чагарникової рослинності. Вибрати оптимальний варіант застосування тієї чи іншої машини доцільно лише після певних теоретичних та експериментальних досліджень взаємодії їх робочих органів з оброблюваним матеріалом.

Висновки

1. Найбільш перспективним способом знищення післяжнивних решток є такий, за якого не тільки подрібнюються рослинні рештки і їх кореневища, а й відбувається їх одночасне перемішування з ґрунтом.
2. Використовувані нині подрібнювачі післяжнивних решток – це в основному комбіновані агрегати з активними (ротаційними робочими органами), здатних ефективно подрібнювати та одночасно заробляти в ґрунт післяжнивні рештки.
3. Одним з шляхів підвищення ефективності використання агрегатів для післяжнивного обробітку рослинних решток є дослідження їх робочих органів до фізико-механічних властивостей сільськогосподарських культур.

2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНОГО ПОДРІБНЮВАЧА

2.1 Обґрунтування робочого процесу ротаційного подрібнювача

Ротаційні подрібнювачі з горизонтальною віссю обертання застосовують переважно на машинах, призначених для подрібнення післяжнивних решток сільськогосподарських культур, знищення кущової рослинності та чагарників, роботи у виноградниках, а також на косарках-подрібнювачах [3, 6, 9].

Вони здатні перерізати рослинні рештки й кореневища рослин, перемішуючи одночасно їх із землею, збирати сільськогосподарські культури з одночасним їх подрібненням на зелений корм, для заготівлі силосної і сінажної маси із різних культур, які ростуть або сформовані у валки, зрізати гичку цукрових буряків та бадилля картоплі тощо [3, 6, 9].

Під час роботи ротаційних подрібнювачів, ножі, шарнірно закріплені на обертових барабанах, подрібнюють залишки рослинності переважно у валках, або розкидані по поверхні поля, захоплюючи їх і з великою швидкістю скеровуючи у зазор між нерухомою протирізальною пластиною і ножами ротора. Стебла, рухаючись у зазорі, зазнають повторних ударів, подрібнюються і розподіляються на поверхні поля.

Слід мати на увазі, що для зрізування і подрібнення тонких стебел рослин швидкість кінцевих точок ножів ротора повинна становити 40...50м/с, а грубостеблових – 20...25м/с [3, 6, 9].

Для аналізу роботи ротаційного різального апарату з горизонтальною віссю обертання його ротора, а саме визначення траєкторії абсолютного руху точки його ножа та конструктивно-кінематичних його параметрів, скористаємось рисунком 2.1.

Нехай маємо барабан (ротор) радіусом R (див. рисунок 2.1), який визначаємо за положенням кінцевих точок першого 1 і другого 2 ножів, а центральний кут між вибраними ножами становить α [4, 5].

$$x_c = V_{\text{м}} t_c = V_{\text{м}} \frac{\alpha}{\omega}, \quad (2.2)$$

Відповідно, для ножа 2 рівняння руху його кінцевої точки матимуть такий вигляд [4, 5]:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= R \sin(\omega t - \alpha) + V_{\text{м}} t \\ y_2 &= R \cos(\omega t - \alpha) \end{aligned} \right\}, \quad (2.3)$$

а траєкторією руху ножа 2 буде крива *сп* (див. рисунок 2.1).

Визначаємо зону різання *S*, яка у проекції на вісь *x* буде становити

$$S = x_p - x_c. \quad (2.4)$$

Через те, що

$$x_p = R \sin(\omega t_p - \alpha) + V_{\text{м}} t_p,$$

$$x_c = V_{\text{м}} \frac{\alpha}{\omega},$$

$$y_p = \delta = R \cos(\omega t_p - \alpha)$$

(виходячи з другого рівняння залежності (2.3)), будемо мати

$$\cos(\omega t_p - \alpha) = \frac{\delta}{R}. \quad (2.5)$$

З формули (2.5) отримаємо

$$t_p = \frac{\alpha + \arccos \frac{\delta}{R}}{\omega}. \quad (2.6)$$

Через те, що $\sin(\omega t_p - \alpha) = \sqrt{1 - \cos^2(\omega t_p - \alpha)} = \frac{\sqrt{R^2 - \delta^2}}{R}$, остаточну зону різання (подрібнення) визначимо з умови

$$S = \frac{\alpha + \arccos \frac{\delta}{R}}{\omega} V_{\text{м}} - V_{\text{м}} \frac{\alpha}{\omega} + \sqrt{R^2 - \delta^2} = \frac{V_{\text{м}}}{\omega} \left(\frac{1}{2} + \arccos \frac{\delta}{R} \right) + \sqrt{R^2 - \delta^2}. \quad (2.7)$$

Частоту обертання *n* ротора подрібнювача визначаємо з умови, що лінійні швидкості *u*₁ кінцевих точок кожного ножа повинна бути більшою за швидкість *V*_р (визначають експериментально) безпідпiрного різання, а саме

$$u_1 = \omega R = \frac{\pi n}{30} R \geq V_p,$$

$$\text{звідки} \quad n \geq \frac{30V_p}{\pi R} \geq 30, \quad (2.8)$$

Радіус ротора R подрібнювача за кінцевими точками ножів визначаємо з умови, що розмір зони подрібнення (різання) по вертикалі не перевищуватиме значення величини

$$R \geq H - h, \quad (2.9)$$

де H – висота валка;

h – задана стерні.

У косарках-подрібнювачах R вибирають з діапазону 250...350 мм. Ширину подрібнювального ножа вибирають з врахуванням максимального діаметра стебла $d_{\max}$ (мм) сільськогосподарської культури, яка подрібнюється, тобто:

$$B = d_{\max} + (30...50). \quad (2.10)$$

Довжина робочої частини ножа a_m (див. рисунок 2.1) роторного подрібнювача зумовлюється кутом τ установки ножа й радіусом R_1 . За малих кутів τ погіршується сходження подрібненої маси з ножа, а за великих – суттєво збільшуються затрати енергії на різання й подрібнення через подолання опору повітря. Попередні дослідження рекомендують вибирати кут τ межах 30...40 град [4, 5].

У випадку подрібнення стебел відбувається без попереднього нахилу рослин до ножів подрібнювача, то до кінця фази подрібнення на робочій частині ножа можуть накопичуватися подрібнені частинки стебел завдяки підпорі неподрібнених рослин, які згодом під дією відцентрових сил сходять з різальної кромки (поверхні) ножа. Виходячи з цього, на робочій поверхні ножа подрібнювача мають бути всі (подрібнені і неподрібнені) стебла, нагромаджені на ділянці різання (подрібнення) S .

Визначаємо довжину робочої частини ножа L і радіус R_1 , скориставшись залежностями:

$$L = am \geq Nd = \sqrt{k} Sd, \quad (2.11)$$

$$R_1 = R - am \sin \tau, \quad (2.12)$$

де N – кількість стебел на довжині S зони різання (подрібнення);

d – середній діаметр стебел рослин, які подрібнюються;

k – кількість (шт.) стебел на 1м^2 .

Кількість рядів ножів z , що проходять по одному сліду, визначаємо із таких міркувань. Якщо зрізують довгі, паралельно нахилені стебла, то за довжину різки l можна взяти відрізок ep . Зв'язок l із z отримаємо таким чином. Оскільки

$$ep = l = V_{\text{м}} \frac{\alpha}{\omega}, \text{ а } \alpha = \frac{2\pi}{Z}, \text{ то } l = 2\pi \frac{V_{\text{м}}}{Z\omega}, \text{ звідки } Z = 2\pi \frac{V_{\text{м}}}{l\omega} 2. \quad (2.13)$$

Таким чином, отримане рівняння (2.13) дає змогу аналітично визначити взаємозв'язок між кількістю ножів ротаційного робочого органу, швидкістю руху агрегату та довжиною різання (подрібнення) рослин.

2.2 Дослідження процесу подрібнення рослинної маси

У процесі подрібнення рослин можуть спостерігатися два випадки: по-перше, за допомогою переміщення ножа (клина) винятково за напрямком подрібнення рослин по нормалі до леза ножа; по-друге, у випадку переміщення клина одразу в двох взаємно перпендикулярних напрямках – паралельно і по нормалі до леза ножа (клина).

Перший випадок характеризується входженням клина в шар рослинної маси (рубання), яка підлягає подрібненню, першопочатковим ущільненням її гранями ножа (клина) з наступним відриванням окремих кусочків стебел рослинного матеріалу.

У другому випадку для остаточного і якісного подрібнення рослинної маси необхідно створити нормальний тиск на неї. Проте, оскільки розрізання (розривання) стебел рослин об'єднується ковзним рухом ножа (клина), його величина буде відчутно меншою, ніж за першого випадку.

Для дослідження сил, що діють на елементарне тіло вагою $G=mg$, яке знаходиться на похилій площині, нахилений під кутом α , скористаємось рисунком 2.2 [4, 5, 22].

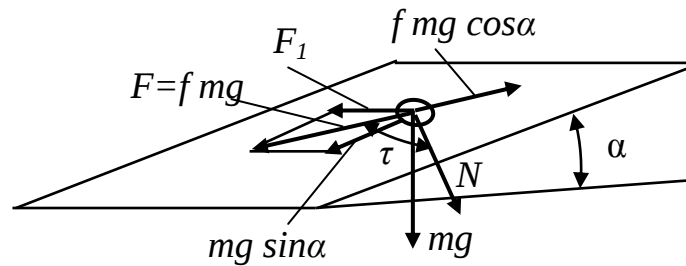


Рисунок 2.2—Схема сил, що діють на тіло, яке знаходиться на похилій площині

Вказане елементарне тіло буде знаходитися нерухомо на площині у випадку, коли складова $mg \sin \alpha$, направлена за напрямком нахилу площини не зможе його переміщувати. Такий випадок можливий, якщо $\alpha < \varphi$ (φ – кут тертя рослин об матеріал ножа).

Тіло почне сповзати з нахиленої площини якщо до нього прикласти силу F_1 , перпендикулярну до напрямку нахилу клина (ножа). Таке буде спостерігатися тоді, коли сумарно рівнодійна сил F_1 і складової $mg \sin \alpha$ будуть рівні силі тертя ($fmg \cos \alpha$), а саме:

$$F_1^2 + (mg \sin \alpha)^2 = (fmg \cos \alpha)^2. \quad (2.14)$$

З умови (2.14) отримаємо

$$F_1 = \frac{mg}{\cos \varphi} \sqrt{\sin(\varphi - \alpha) \sin(\varphi + \alpha)}. \quad (2.15)$$

Якщо нахил площини (клина) наближається до горизонталі (кут $\alpha \approx 0$), то сила F_1 буде прямувати до fmg , що наближено відображається залежністю

$$F_1 \approx fmg. \quad (2.16)$$

Досліджуючи явища ковзання під час подрібнення прикладатимемо до елементарного тіла, що лежить на похилій площині з тертям, силу N (див. рисунок 2.2) за вибраним напрямком, виходячи з умови, що

$$N \leq fmg. \quad (2.17)$$

Для того щоб подолати силу тертя fmg силою N , яка менша за неї, до елементарного тіла слід прикласти будь-яку силу F_1 , яка є перпендикулярною до

сили N .

Тіло почне рухатися похилою одразу, коли рівнодійна F сил F_1 та N стане рівною fmg .

Стає очевидним, що

$$N = fmg \cos \tau = \frac{fmg}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \tau}}. \quad (2.18)$$

Коли на роторі, який обертається навколо центру у точці O (рисунок 2.3), встановити ніж з радіальним напрямком леза, то воно зможе здійснювати тільки процес рубання за відсутності ковзання.

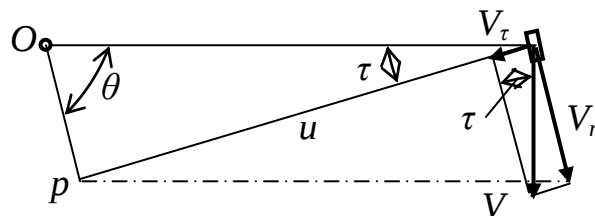


Рисунок 2.3—Схема для визначення кута ковзання ножа

У випадку застосування прямого ножа із зміщенням від осі обертання лезом на відстань $p = r \sin \tau$, лінійну швидкість V кожної точки леза ножа доцільно розкласти на нормальну V_n й тангенціальну V_τ складові, тобто:

$$V_n = r \omega \cos \tau = \omega u, \quad (2.19)$$

$$V_\tau = r \omega \sin \tau = p \omega, \quad (2.20)$$

де u – відстань (див. рисунок 2.3), що визначається з мови $u = r \cos \tau$.

Аналізуючи отримані залежності, можна побачити, що складова V_n змінюється по закону прямої лінії, а складова V_τ зберігає є постійною величиною для усіх точок леза ножа через те, що

$$p = r \sin \tau = \text{const.}$$

Коефіцієнт ε ковзання ножа визначаємо із співвідношення:

$$\varepsilon = \frac{V_\tau}{V_n} = \operatorname{tg} \tau = \frac{p}{\sqrt{r^2 - p^2}} = \frac{p}{u}. \quad (2.21)$$

Таким чином, ніж ротаційного подрібнювача має мати криволінійну форму, в якій кут τ постійно збільшується, що зумовлено більшою тривалістю ковзного руху ножа. Так, за більшого $\operatorname{tg} \tau$ шлях $V_\tau dt$ є більшим за величину глибини різання рослин під час їх подрібнення $V_n dt$ за однакову тривалість різання (подрібнення).

Справедливим є те, що для будь-якої точки кривого ножа ротаційного подрібнювача характерним є таке співвідношення

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{rd\Theta}{dr}, \quad (2.22)$$

де r – радіус-вектор;

Θ – біжуче значення кута (див. рисунок 2.3).

Під час теоретичного дослідження зміни кута повороту ножа ротаційного подрібнювача в процесі різання скористаємось рисунком 2.4 [4].

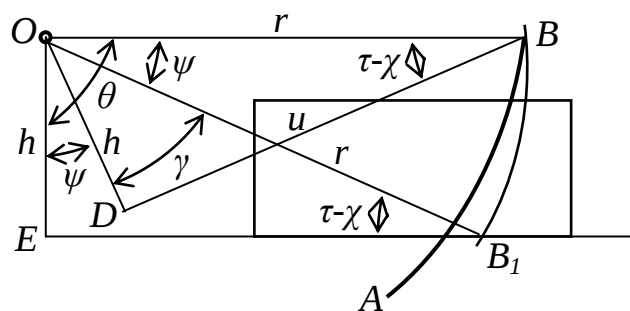


Рисунок 2.4–Схема для визначення кута повороту ножа під час різання

З наведеного рисунка видно, що переходу деякої точки B в точку B_1 , ніж ротаційного подрібнювального апарату має повернутися на деякий кут $\psi = \angle BOB_1$. Його можна отримати шляхом описання кола радіусом OB до пересікання з нижньою гранню вихідної горловини подрібнювального апарату машини УМС-170.

Аналогічний кут можна отримати, побудувавши на $OB=r$ прямокутний трикутник, катетами якого є $h=OD=OE$ та $u=BD=EB_1$.

Через те, що кути $\angle OB_1E$ та $\angle OBD$ між собою рівні й мають значення $\tau-\chi$, то кут ψ повертання ножа роторного подрібнювача становить

$$\psi = \Theta - \left[\frac{\pi}{2} - (\tau - \chi) \right] = \Theta - \gamma. \quad (2.23)$$

З умови (2.23) випливає, що

$$\psi = \angle DOE = \angle BOB_1.$$

Таким чином, отримаємо:

$$\psi = \Theta - \arctg \frac{u}{h} = \Theta - \arcsin \frac{u}{r} = \Theta - \arccos \frac{h}{r}, \quad (2.24)$$

$$\text{і, відповідно,} \quad d\psi = d\Theta - \frac{hdu}{u^2 + h^2} = d\Theta - \frac{hdr}{r\sqrt{r^2 - h^2}}, \quad (2.25)$$

або з врахуванням (2.22) остаточно будемо мати:

$$d\psi = \left(\frac{\operatorname{tg} \tau}{r} - \frac{h}{r\sqrt{r^2 - h^2}} \right) dr = \frac{u \operatorname{tg} \tau - h}{u^2 + h^2} du. \quad (2.26)$$

З отриманого рівняння випливає, що за $h=0$, тобто у випадку, коли нижній край горловини подрібнювача проходить через центр обертання ножа ротаційного апарату, кут $d\psi$ повертання ножа стає рівний біжучому значенню кута $d\Theta$ радіус-вектора.

В процесі різання й подрібнення рослинної маси ніж ротаційного апарату діє на неї з нормальним тиском N (рисунок 2.5) та ріже її ковзним рухом по напрямку дотичної сили $f_k N$ (тут f_k – коефіцієнт ковзного різання).

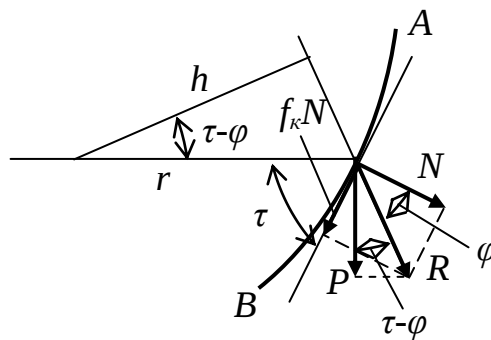


Рисунок 2.5 – Схема для визначення сили тиску на рослинну масу під час ковзного різання

Виходячи з рисунка 2.6 рівнодійну сил N та $f_k N$ можна визначити, скориставшись співвідношенням

$$R = \frac{N}{\cos \varphi}. \quad (2.27)$$

Ця рівнодійна є складовою нормальної сили до радіус-вектора, яку можна визначити, скориставшись залежністю

$$P = \frac{N}{\cos \varphi} \cos(\tau - \varphi) = N(1 + f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau) \cos \tau, \quad (2.28)$$

де N – повний тиск різання (подрібнення) рослинної маси,

P – повна сила різання (подрібнення).

Повний тиск різання (подрібнення) визначаємо з виразу

$$N = p \Delta S, \quad (2.29)$$

де p – нормальний тиск на одиницю довжини розрізу рослинної маси;

ΔS – довжина розрізу рослинної маси.

З врахуванням (2.29) формула (2.28) набере такого вигляду

$$P = p \Delta S (1 + f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau) \cos \tau = R \cos(\tau - \varphi). \quad (2.30)$$

Потужність, необхідну для перерізання (подрібнення) рослинної маси, що надходить на ножі ротаційного подрібнювача визначаємо за формулою

$$N_p = PV = Pr \frac{d\Theta}{dt} = p \Delta S (1 + f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau) \cos \tau \frac{d\Theta}{dt} r = \frac{N}{\cos \varphi} r \omega \cos(\tau - \varphi). \quad (2.31)$$

де V – швидкість різання.

Через те, що площа різання (подрібнення) становить $dF = \Delta S \cdot r d\Theta \cos \tau$, то згідно з формулою (2.31) будемо мати:

$$N_p = p \frac{dF}{dt} (1 + f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau). \quad (2.32)$$

Отже, потужність, яка потрібна для різання (подрібнення) рослинної маси визначається тиском на одиницю довжини p леза ножа роторного подрібнювача, площею розрізу рослинної маси за одиницю часу $\frac{dF}{dt}$ й характеристикою клина (ножа) $1 + f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau$. Коли у формулі (2.32) не буде враховано $f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau$, то потужність,

яка затрачується на різання рослинної маси ротаційним подрібнювачем буде визначатися за формулою

$$N_p = p \frac{Fkn}{60} = p \frac{knab}{60} = \frac{pQ}{l\rho}, \quad (2.33)$$

де F – площа поперечного перерізу рослинної маси;

a – товщина шару рослин;

b – ширина шару рослин;

n – кількість обертів ротора;

k – кількість ножів на роторі;

Q – секундна продуктивність ротора;

l – довжина різання;

ρ – щільність рослинної маси.

На підставі отриманої формули можна практично вирахувати максимальну потужність, необхідну для приводу ротаційного подрібнювального апарату з врахуванням потужності на перерізання рослин під час технологічного процесу.

Висновки

1. Теоретичними дослідження отримане рівняння (2.13) дає змогу аналітично визначити взаємозв'язок між кількістю ножів ротаційного робочого органу, швидкістю руху агрегату та довжиною різання (подрібнення) рослин.

2. Аналітичними дослідження отримано формулу (2.30), яка дозволяє визначити повний тиск (зусилля) різання (подрібнення) рослинного матеріалу.

3. Теоретичними дослідженнями отримана формула (2.33) дає змогу визначити потужність, необхідну для перерізання (подрібнення) рослинної маси, що надходить на ножі ротаційного подрібнювача.

З МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Мета і програма експериментальних досліджень

Метою проведення експериментальних досліджень ставилося визначення параметрів і режимів роботи подрібнювача післяжнивних решток, які характеризують перебіг технологічного процесу подрібнення валків соломи.

Для досягнення сформульованої мети розроблена програмою експериментальних досліджень, яка складалась із наступних етапів:

1. Дослідження конструктивних параметрів подрібнювальних робочих органів машини;
2. Визначення показників процесу подрібнення соломи комбінованим подрібнювачем УМС-170.

3.2 Передумови проведення дослідів

Об'єктом досліджень з вивчення параметрів процесу подрібнення рослинної маси була взаємодія робочих органів подрібнювача УМС-170 з прив'яленою соломою, сформованою у валки після збирання комбайном. Експерименти проводились на окремих приватних ділянках індивідуальних господарств протягом літньо-осіннього сезону.

Дослідження проводились згідно загальноприйнятих методик [15, 22], а для визначення окремого конкретного розмірного показника подрібнювальних елементів машини, а для визначення якості подрібнення розроблені часткові методики.

Експериментальні дані оброблялись методами математичної статистики і теорії ймовірності [22] з визначення середнього арифметичного $\bar{X}$, середніх квадратичних відхилень окремого вимірювання σ і кінцевого результату m , коефіцієнта варіації v , відносного статистичного відхилення p середнього арифметичного.

Вказана методика використовувалась під час обробки результатів усіх проведених експериментальних досліджень. Підбір емпіричних формул, що відповідають експериментально отриманим закономірностям, полягають у виборі типу формули та визначенні її коефіцієнтів за методом найменших квадратів [22].

3.3 Методика визначення параметрів процесу подрібнення соломи

Вказані експериментальні дослідження проводились у два етапи. На першому з них основне завдання полягало в обґрунтуванні конструктивних параметрів ножеподібних робочих органів ротаційного комбінованого подрібнювача. На другому етапі визначалась якість подрібнення рослинної маси (валка соломи, утвореного після збирання зернової культури).

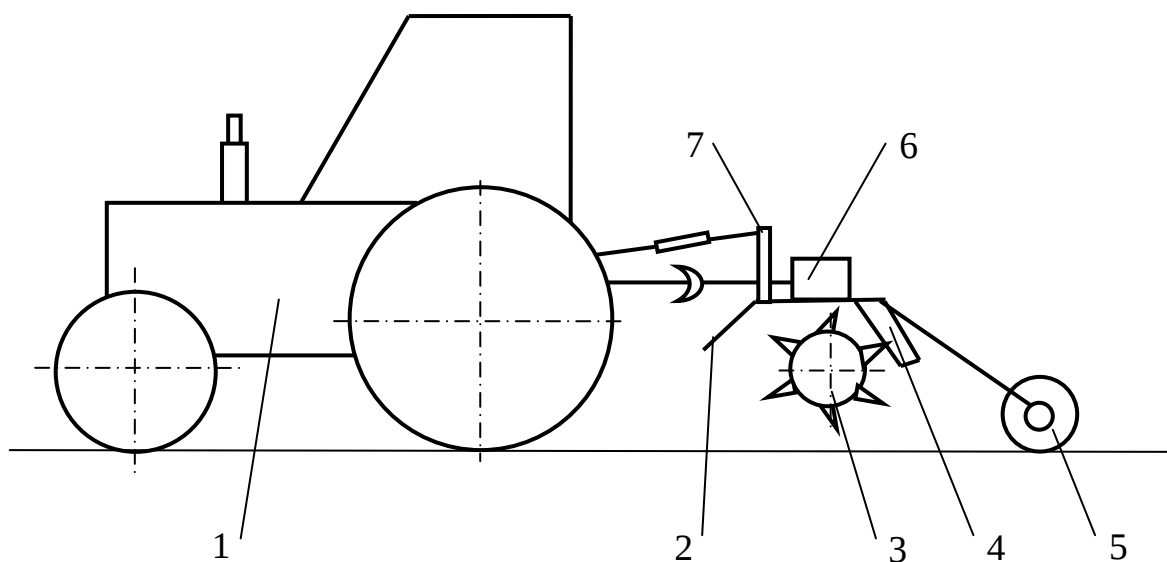
Суть методики на першому етапі полягає у використанні на роторному подрібнювачі жорстко закріплених ножеподібних робочих органів з різним профілем різальної кромки та її загострення. Крім того, в якості протиризальної частини виступали жорстко закріплені на рамі машини ножі, розміщені під різними кутами до напрямку руху агрегату.

Для проведення польових експериментальних досліджень як на першому, так і на другому етапі використовувалась лабораторно-польова установка на базі енергетичного засобу 1 (рисунок 3.1, б) класу 1,4 та діючої моделі комбінованого подрібнювача УМС-170, обладнаного робочим органом у вигляді ротора-подрібнювача 3.

Подрібнювач має раму 8 (див. рисунок 3.1, а) з боковинами 9, у якій, на підшипникових опорах, змонтовано ротор-подрібнювач 3, який технологічно пов'язаний з протиризальними ножами 4. Для запобігання надмірного і неконтрольованого розпилення подрібненої соломи на ротором встановлено кожух 2. Приєднується подрібнювач до енергетичного засобу 1 за допомогою системи начіпки 7, а привід його робочих органів здійснюється від ВВП трактора, через карданну передачу.



а)



б)

Рисунок 3.1 – Схема лабораторно-польової установки:

а) загальний вигляд; б) схема; 1 – трактор; 2 – кожух; 3 – ротор-подрібнювач;
 4 – протирізальні ножі; 5 – колесо опорне; 6 – редуктор центральний;
 7 – начіпка; 8 – рама; 9 – боковина; 10 – карданна передача.

Під час проведення експериментів трактор з нацепленим на нього подрібнювачем переміщувався вздовж валків соломи з відповідною швидкістю і після вмикання приводу ротора-подрібнювача рослинна маса (солома) піддавалась подрібненню й скеровувалась у спеціальний вловлювач, приєднаний до вихідної

горловини. Коли агрегат проходив контрольну відстань (валок ділився на окремі ділянки по 10м кожна) вся зібрана маса збиралась і сортувалась на окремі частинки (за довжиною подрібнення). На підставі отриманих даних робився висновок про ефективність застосування кожного з робочих органів ротора-подрібнювача.

На процес подрібнення соломи впливовими є різні чинники, вагомість кожного з яких доволі важко оцінити без проведення значної кількості експериментів. Суть кожного з них має зводитись до встановлення закономірностей впливу показників фізико-механічних властивостей рослинної маси (соломи) і режимів роботи ротора-подрібнювача на ступінь і якість її подрібнення.

Тому на другому етапі методика базувалась на встановленні ступеня подрібнення соломи через оцінювання кількості подрібнених стебел рослин, довжина яких після подрібнення була меншою за 0,12м (за агротехнічними вимогами) або більшою за вказану величину при висоті валка в межах 60...220мм.

Експерименти проводились у польових умовах для визначення подрібнення рослинної маси під час підбирання валків соломи різної вологості.

Під час другого етапу серія експериментальних дослідів базувалась на методиці планування багатофакторного експерименту на трьох рівнях [22]. При цьому основним завданням досліджень було встановлення впливу окремих факторів на якість подрібнення соломи у валках.

Результати кодованих факторів, що мають суттєвий вплив на ступінь подрібнення соломи N (%) наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати кодування факторів з визначення ступеня подрібнення соломи N (%)

Фактор і одиниця виміру	Дійсне позначення	Кодоване позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання дійсних значень			Рівні варіювання кодованих значень		
				Верхній	Нульовий	Нижній	Верхній	Нульовий	Нижній
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Робоча швидкість, м/с	V_p	X_1	0,5	3,0	2,5	2,0	+1	0	-1

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Товщина шару рослин, мм	C_m	X_2	80	220	140	60	+1	0	-1
Вологість соломи, %	d_c	X_3	6	30	24	18	+1	0	-1

Незалежними змінними виступали – робоча швидкість агрегату V_p , м/с; товщина шару рослин h_n , мм; вологість валка соломи W , %; функція відгуку – якість (ступінь) подрібнення соломи N .

Під час експериментів проводилась серія дослідів. Попередньо збирався врожай зернових культур і солома укладалася у валок, що не перевищував орієнтовної ширини захвату подрібнювача УМС-170. При цьому урожайність соломи орієнтовно не перевищувала 50ц/га, швидкість руху агрегату не була вищою за 3,0м/с.

Отримані результати експериментальних досліджень оброблялись методами математичної статистики на підставі яких отримано рівняння регресії в кодіваних і дійсних значеннях і проведено їх аналіз.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Конструктивно-технологічні параметри роторного подрібнювача

Виконані експериментальні дослідження підтверджують і доповнюють теоретичні дослідження і вказують на те, що довжина подрібнення соломи залежить від швидкості руху агрегату вздовж валків. Впливовими чинниками в цьому випадку виступають також кількість ножів на роторі та частота його обертання, що відображено графічно на рисунку 4.1.

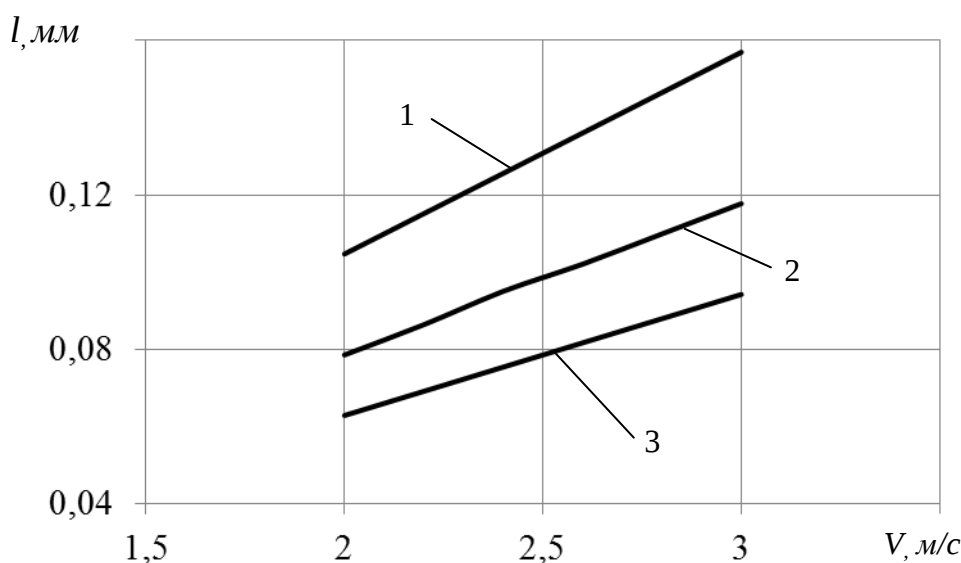


Рисунок 4.1 – Залежність довжини l (мм) подрібнення соломи від швидкості V (м/с) руху агрегату за кількості ножів на роторі $Z=4$ та частоти обертання ротора ω (с⁻¹): 30 (1); 40 (2) та 50 (3).

На основі отриманих закономірностей (рисунок 4.1) встановлено, за що однакової кількості ножів на роторі $Z=4$ агротехнічно-необхідна довжина подрібнення соломи (до 0,12м) забезпечується за швидкості руху агрегату в межах 2-3м/с у випадку, що частота обертання ротора не буде нижчою за 40с⁻¹. Якщо частота обертання ротора буде 30с⁻¹, то для подрібнення соломи до довжини, що не перевищує 0,12м, швидкість руху агрегату вздовж валків соломи повинна бути обмежена до 2,1м/с.

4.2 Параметри процесу подрібнення соломи

На підставі виконаних експериментальних досліджень встановлено основні фактори, що впливають на параметри процесу подрібнення соломи робочими органами ротаційного подрібнювача, а саме робоча швидкість V , м/с; товщина шару рослин h_n , мм; вологість соломи W , %.

Залежність якості подрібнення (кількості подрібнених стебел, довжина яких не перевищує 0,12м, %) від наведених вище параметрів виражається поліномом другого ступеня:

$$N = 814,22 - 0,639 \cdot v + 0,0068 \cdot v^2 - 34,21 \cdot h_n + 0,42 \cdot h_n^2 + 2,34 \cdot W. \quad (4.1)$$

У відповідності з отриманими даними найбільший вплив на ступінь подрібнення рослин (соломи у валках) мають швидкість руху агрегату та товщина шару рослин (соломи, що знаходиться у валках). Менший вплив на цей процес має вологість сінної маси.

Подальший аналіз результатів експерименту проводився графічно (рисунок 4.2) з використанням методу двовірних перетинів при послідовному встановленні декількох незалежних факторів на фіксованій величині.

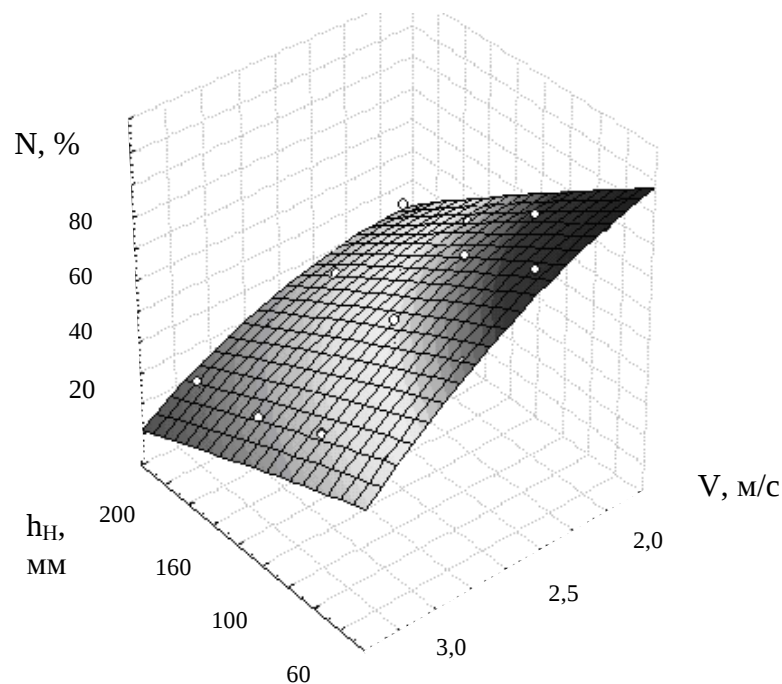


Рисунок 4.2 – Залежність рівня подрібнення N (%) соломи від товщини шару h_n (мм) й швидкості руху агрегату V (м/с) за вологості соломи $W = 25\%$.

Аналіз отриманих результатів показує, що достатній рівень подрібнення стебел соломи (біля 75...80%) в залежності від товщини шару і вологості досягається за умови зменшення швидкості руху агрегату з 2,4 до 2,0м/с.

Висновки

1. Експериментальними дослідженнями підтверджено лінійну закономірність зміни довжини подрібнення соломи від швидкості руху агрегату, кількості ножів на роторному подрібнювачі та частоті його обертання.

2. На основі отриманих закономірностей (рисунок 4.1) встановлено, за що однакової кількості ножів на роторі $Z=4$ агротехнічно-необхідна довжина подрібнення соломи (до 0,12м) забезпечується за швидкості руху агрегату в межах 2-3м/с у випадку, що частота обертання ротора не буде нижчою за 40с^{-1} ; якщо частота обертання ротора буде 30с^{-1} , то для подрібнення соломи до довжини, що не перевищує 0,12м, швидкість руху агрегату вздовж валків соломи повинна бути обмежена до 2,1м/с.

3. Виконаний аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що достатній рівень подрібнення стебел соломи (біля 75...80%) в залежності від товщини шару і вологості досягається за умови зменшення швидкості руху агрегату з 2,4 до 2,0м/с.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

5.1 Складання карти умов праці під час використання комбінованого подрібнювача

В сучасному сільськогосподарському виробництві характерним явищем є вплив на організм людини різних технологічних, технічних, біологічних та інших факторів, з метою прогнозування яких потрібно провести паспортизацію кожного робочого місця працівника [2, 11].

Метою паспортизації санітарно-технічного стану робочого місця є виявлення усіх виробничих небезпек для розробки проектів та прийняття інженерно-технічних і організаційних рішень, спрямованих на створення безпечних і нешкідливих умов праці. Відповідно до типової ієрархічної структури сільськогосподарського виробництва (цех, ремонтна дільниця, робоче місце тощо) одиничним елементом виробництва є робоче місце. На ньому проявляються всі небезпечні і шкідливі фактори, які діють на працюючого і визначають ефективність його виробничої діяльності.

Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, в якій представлені фактори безпеки по трьох напрямках факторів небезпеки: трудовому, санітарно-гігієнічному та технічному [11].

Карта умов праці передбачає виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих факторів та причин їх виникнення; дослідження санітарно-гігієнічних факторів виробничого середовища, важкості й напруженості трудового процесу, комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці на відповідність їх вимогам стандартів, норм і правил; обґрунтування віднесення робочого місця до відповідної категорії з шкідливими умовами праці, підтвердження (встановлення) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення та інші пільги залежно від умов праці.

Паспорт підприємства складається з окремих паспортів дільниць та містить додаткову характеристику засобів загальногосподарського користування, об'єкти колективного захисту. Кожний головний спеціаліст господарства органі-

зовує обстеження умов праці і стан технічної безпеки у підпорядкованій йому галузі. Значно зменшити об'єми робіт при паспортизації можна шляхом групування типових робочих місць.

За гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначається перелік факторів умов праці на робочому місці, для яких з нормативних документів встановлюються гранично допустимий рівень або гранично допустиму концентрацію (ГДР, ГДК), які заносять в графи 1, 2 та 3 (таблиця 5.1).

Складаємо карту умов праці робочого місця механізатора під час заробляння післяжнивних решток комбінованим подрібнювачем, виконавши розрахунки окремих коефіцієнтів за наступними формулами.

Коефіцієнт нормозабезпеченості визначаємо за формулою

$$K_n = 1 \pm \frac{A_{\varepsilon} - A_n}{A_n}, \quad (5.1)$$

де A_{ε} - фактичне значення фактора умов праці;

A_n – гранично допустимий рівень або концентрація.

Коефіцієнт небезпечності від дії фактора можна визначити з виразу:

$$K_{\partial\phi} = K_n \cdot T_{\partial\phi}. \quad (5.2)$$

де $T_{\partial\phi}$ – час дії фактора у частках тривалості зміни.

Коефіцієнт небезпечності від усіх факторів становить:

$$K = \frac{K_{\partial\phi}}{n} \quad (5.3)$$

де n – кількість факторів умов праці.

Під час складання умов праці на робочому місці механізатора використовуємо дані нормативних документів:

- ДСТУ 12.1.005-93 – Повітря робочої зони. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 23.00-93 – Вібрація, терміни та визначення;
- ДНАОП 0.00-1* – Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Таблиця 5.1 – Карта умов праці під час заробляння післяжнивних решток

Фактори умов праці	Нормативне значення фактора		Фактичне значення фактора умов праці, A_v	Коефіцієнт нормозабезпечення, K_n	Час дії фактора		Коефіцієнт небезпечності	
	Гранично допустимий рівень або концентрація (ГРД, ГДК), A_n	Нормативний документ			В годинах	Частках довготривалості зміни, T_{df}	Від дії фактора, K_{df}	Від усіх факторів, K
1. Рівень шуму	80 дБ	ДСТУ 12.1.009-83	85 дБ	1,06	8	0,8	0,8	
2. Пил								
2.1. Грунтовий пил	10 мг/м ³	ДСТУ 12.1.005-88	55 мг/м ³	-3,5	8	0,8	2,8	
2. Вібрація	0,65 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	ДСТУ 23.00-93	0,72 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	1,1	8	0,8	0,9	
3. Температура повітря (травень-червень)	Відкриті території, +25,8°C	ДНАОП 0.00-1*	+22°C	0,85	8	0,8	0,7	
4. Пари нафтопродуктів	100 мг/м ³	ДСТУ 12.1.005-86	107 мг/м ³	1,1	8	0,8	0,9	
5. Сенсорні навантаження:								
5.1. Щільність сигналів	75%	ДНАОП 0.00-1*	80%	1,1	8	0,8	0,9	
5.2. Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження	5%	ДНАОП 0.00-1*	6%	1,2	8	0,8	0,9	
6. Робоча поза	Вільна	ДНАОП 0.00-1*	Перебування у фіксованій позі більше 50% часу	0,5	8	0,8	0,8	
Всього								0,85

На підставі аналізу даних таблиці 5.1 можна зробити висновок, що фактичне значення умов праці механізатора під час заробляння післяжнивних решток дещо перевищують граничні показники, регламентовані відповідними нормативними документами. Особливо шкідливими є вібраційні фактори, пов'язані з технологічним процесом взаємодії робочих комбінованого подрібнювача з ґрунтовим середовищем, де знаходяться післяжнивні рештки, під час якого на основ енергетичного засобу, а відповідно і механізаторам можуть передаватися вібраційні коливання від активного фрезерного робочого органу.

Шкідливими є також пари нафтопродуктів (дизельного палива, оливи гідросистеми та гідроприводу). Для запобігання шкідливої дії вказаних небезпек механізатору необхідно щогодини робити технологічні перерви на 5–10 хв., вимкнувши при цьому двигун та покинувши кабіну енергетичного засобу.

5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, робочих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій, травм або катастроф залежно від досліджуваного явища.

Для того щоб оцінку рівня небезпек певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірності будь-якого випадкового явища. Основні принципи цього методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварії або травмонебезпечні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головними [2, 10].

Після вибору головної події розпочинають побудову моделі. Використовуючи оператори „і” та „або”, виконують набір ситуації, які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна.

Після визначення відповідних аварійних, травмонебезпечних або катастрофічних ситуацій та їх кількості, визначають інші події, що входять до кожної

такої ситуації, логічним аналізом із використанням операторів „і”, „або”. Процес побудови моделі триває поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Повністю побудована модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірність базових подій визначають за даними виробництва. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність становить 1, якщо контроль ідеальний, відповідна ймовірність дорівнює 0.

1. Нехай дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „і” входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити за формулою

$$P_3 = P_1 \cdot P_2.$$

2. За допомогою оператора „і” три події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 формують четверту подію P_4 , яку обчислюють

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

3. Оператор „і” об’єднує n подій з ймовірностями P_1 , P_2 , P_3 , ..., P_n . Тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n.$$

4. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „або” входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2.$$

5. Оператор „або” об’єднує три базові події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

6. Якщо в оператора „або” входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення аж поки не залишиться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції.

Так, поступово обчислюють ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, нажаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для певної людини – машинної системи, бо таких даних просто не існує. Але значення ймовірностей тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі, дає уяву про високу, середню і незначну небезпеку.

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко-імітаційну модель процесу її формування

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2.$$

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,2.$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 + P_3 \cdot P_6 = 0,32.$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,2.$$

$$P_{13} = P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12} = 0,2.$$

$$P_{14} = P_{10} + P_{13} - P_{10} \cdot P_{13} + P_{10} \cdot P_{13} = 0,32.$$

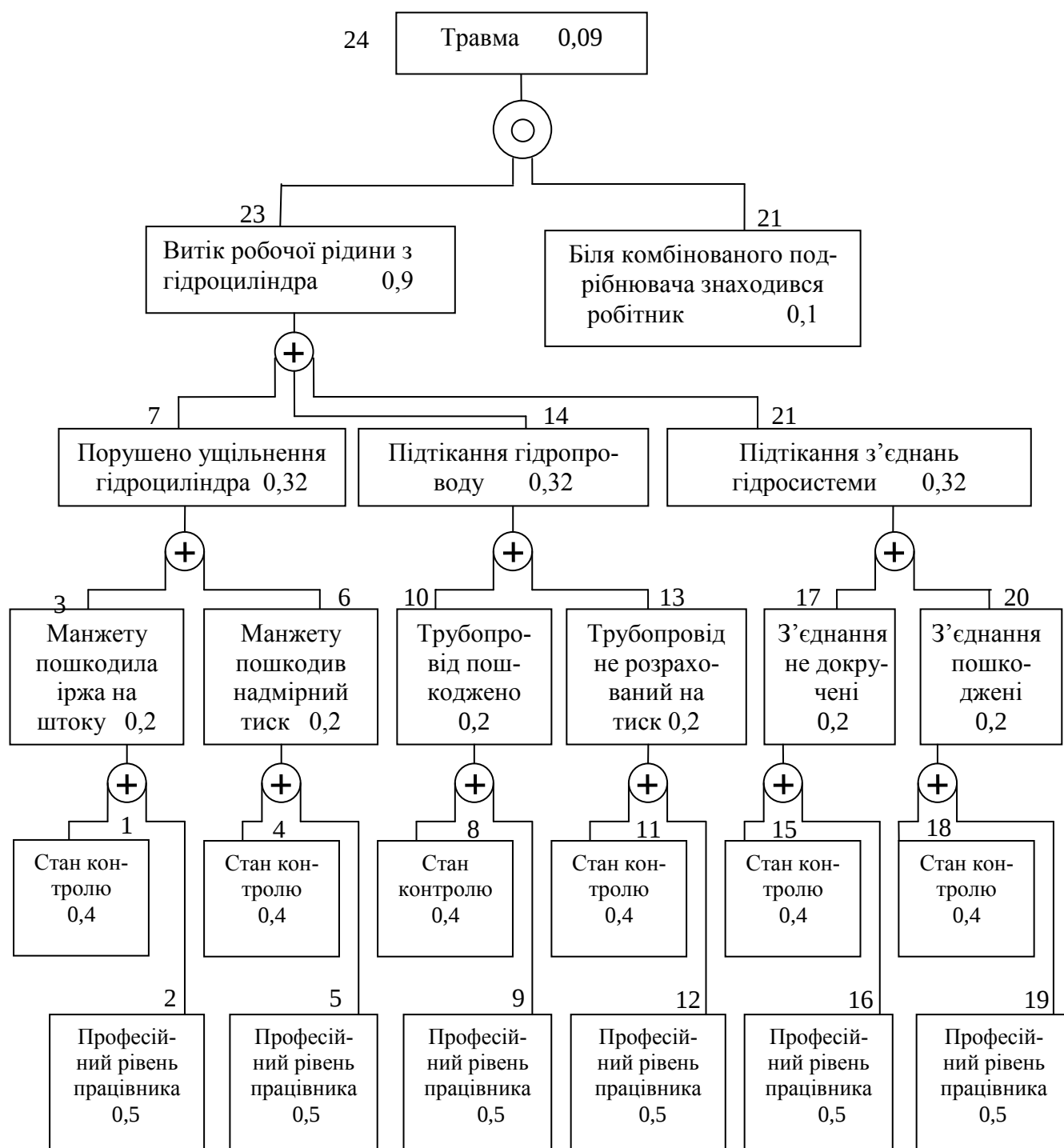
$$P_{17} = P_{15} + P_{16} - P_{15} \cdot P_{16} = 0,2.$$

$$P_{20} = P_{18} + P_{19} - P_{18} \cdot P_{19} = 0,2.$$

$$P_{21} = P_{17} + P_{20} - P_{17} \cdot P_{20} + P_{17} \cdot P_{20} = 0,32.$$

$$P_{23} = P_7 + P_{14} + P_{21} - P_7 \cdot P_{14} \cdot P_{21} = 0,9.$$

$$P_{24} = P_{23} \cdot P_{22} = 0,09.$$



Оператори:

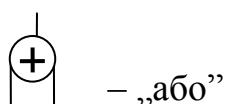
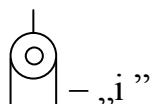


Рисунок 5.1 – Схема логіко-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час заробляння післяжнивних решток комбінованим подрібнювачем:

1, 2, 3 – номери подій; 0,3; 0,4 – ймовірність подій.

Таким чином, проведення технічного обслуговування комбінованого подрібнювача, приєднаного до причіпної скоби трактора і її гідравлічна система з'єднана з гідравлічною системою енергетичного засобу і піднятою рамою в транспортне положення вимагає дотримання вимог безпеки, через можливе виникнення травм та аварій. Перш за все, проводячи технічне обслуговування слід, користуватися надійним підставками, які необхідно підкладати під раму комбінованого подрібнювача для фіксації його в транспортному положенні. Якщо комбінований подрібнювач обслуговувати без підставок, а тільки використовувати елементи роздільно-агрегатної гідравлічної системи трактора, то на робочому місці під час його технічного обслуговування за наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,0 травм. Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень робітників, замінити пошкоджені елементи гідроприводу), то можна побачити на моделі, шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки – до 1.

Слід мати на увазі, що на даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин.

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів з охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку механізатора і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

5.3 Основні чинники негативного впливу на довкілля під час післяжнивного обробітку ґрунту

Охорона довкілля під час проведення сільськогосподарських робіт в цілому охоплює перелік (систему) заходів, направлених на недопущення шкідливої дії на довкілля чи виникнення техногенних ситуацій. Серед найпоширеніших за-

ходів – дотримання правил безпеки, таких як уникнення обприскування рослин під час цвітіння, захист водних ресурсів від потрапляння в них пестицидів, залишків добрив, паливно-мастильних матеріалів та ін. небезпечних речовин, правильне використання добрив та пестицидів, а також мінімізація забруднення повітря відпрацьованими газами від двигунів автотракторної техніки, надмірне ущільнення та поява ерозійних проявів ґрунтового середовища. Важливим є також забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, правильна утилізація відходів та своєчасне інформування населення про роботи, що проводяться [2].

Використання потужних енергетичних засобів на окремих механізованих операціях під час вирощування і збирання зернових культур, особливо під час післяжнивного обробітку ґрунту призводить до надмірного ущільнення його поверхневого шару. Ходові системи енергетичних засобів, які рухаються полем, негативно діють на ґрунт, що призводить до зниження їх родючості та зменшення гумусового шару, утруднюється доступ вологи, повітря та поживних речовин до кореневих систем культурних рослин. Особливо небезпечним є використання енергетичних засобів з надмірно зношеними шинами, що може призводити до пробуксовування ходової частини трактора і «спалювання» ґрунту під шинами, що обертаються на місці. Це призводить до зниження або повної втрати родючості такого ґрунту.

Необхідно працювати у тиху, безвітряну погоду, щоб подрібнена солома не виносилася за межі поля і не засмічувала навколишнє середовище чи водойми.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОДРІБНЮВАЧА СОЛОМИ

Економічна ефективність використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток (соломи) оцінювалась з його базовою моделлю.

Основним критерієм економічної ефективності від покращання технічних і технологічних параметрів машини є економічний ефект. Його визначають як різницю між отриманими показниками використання запропонованого комбінованого подрібнювача соломи і їх чинними значеннями на даний момент для базової моделі [17, 18].

Дослідження економічної ефективності використання подрібнювача соломи проводилось на основі методики розрахунку ефективності спеціалізованої сільськогосподарської техніки [23].

Прямі питомі експлуатаційні затрати визначаються за формулою

$$И = З_n + A + R + П + З_{зб}, \quad (6.1)$$

де $З_n$ – сума заробітної плати механізаторів і допоміжних працівників, грн./га;

A – амортизаційні відрахування, грн./га;

R – відрахування на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$П$ – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./га;

$З_{зб}$ – відрахування на зберігання, грн./га.

Відрахування на зарплату визначаються з виразу

$$З_n = \Sigma (n_i \tau_i k_i) / W_{зм}, \quad (6.2)$$

де n_i – чисельність i -го виробничого персоналу, чол.;

τ_i – годинна тарифна ставка працівників, грн./год;

k_i – коефіцієнт, що враховує всі види доплат і нарахувань;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Амортизаційні відрахування всіх складових агрегату визначаються з виразу:

$$A = \Sigma (B_i a_i / (W_{зм} T_{ф.p.i})), \quad (6.3)$$

де B_i – балансова вартість i -ої складової агрегату та допоміжного обладнання, грн. [19];

a_i – коефіцієнт відрахувань на реновацію;

$T_{ф.p.i}$ – тривалість фактичного річного використання складових МТА, год.

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування визначаються за формулою

$$R = \Sigma (B_i (p_i + \kappa_i) / (W_{зм} T_{н.p.i})), \quad (6.4)$$

де p_i – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування i -ої складової агрегату;

κ_i – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт трактора або складних самохідних машин;

$T_{н.p.i}$ – нормативне річне завантаження i -ої складової агрегату, год.

Вартість паливно-мастильних матеріалів визначається з виразу

$$\Pi = GЦ / W_{зм}, \quad (6.5)$$

де G – витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/год;

$Ц$ – комплексна вартість нафтопродуктів, грн./кг.

Витрати на зберігання машин визначаються виходячи із затрат на їх консервацію та підготовку до використання й приймаються в межах 6,5% від витрат на ремонт і технічне обслуговування, тобто

$$З_{зб} = 0,065 R. \quad (6.6)$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання становлять:

$$K = \Sigma (B_i / (W_{зм} T_{н.p.i})). \quad (6.7)$$

Затрати праці на виконання виробничого процесу

$$З_{зб} = \Pi_o / W_{зм}, \quad (6.8)$$

де Π_o – чисельність обслуговуючого персоналу, чол.

Зведені затрати знаходяться за формулою:

$$Z = I + E \Sigma (B_i / (W_{zm} T_{n.p.i})), \quad (6.9)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини E_m визначається за формулою:

$$E_m = (Z_{\delta} - Z_n) B_p, \quad (6.10)$$

де Z_{δ} , Z_n – зведені затрати на одиницю напрацювань для базової та модернізованої машини, грн./га.;

B_p – річне напрацювання модернізованої машини, га.

Річну економію (перевитрату) прямих і зведених затрат, робочої сили та капіталовкладень виражають через ступінь зміни C у відсотках:

$$C = 100(Z_{p\delta} - Z_{pn})/Z_{p\delta}, \quad (6.11)$$

де $Z_{p\delta}$, Z_{pn} – річні затрати (праці, капітальних вкладень, прямих та зведених витрат) відповідно для базової та модернізованої машин.

Вихідні дані для проведення досліджень економічних показників вибирались на основі найсприятливіших умов використання подрібнювача соломи, на підставі яких була визначена його продуктивність. Годинні тарифні ставки обслуговуючого персоналу визначались з умови отримання середньої заробітної плати в межах 17200 грн.

Отримані результати проведених за формулами (6.1)–(6.11) розрахунків свідчать про доцільність використання запропонованої конструкції подрібнювача соломи.

Усі отримані дані зводимо в таблицю 6.1 для остаточного аналізу.

З таблиці 6.1 видно, що річний економічний ефект від використання подрібнювача соломи становить 1844,88грн., а у випадку використання його за весь термін експлуатації – 6708,65грн. Завдяки збільшенню змінної продуктивності зменшуються на одиницю напрацювання: затрат праці – 7,%; прямих затрат – на 3,89%;зведених затрат – на 4,19%. Для запровадження машини доведеться збільшити суму капіталовкладень на 6,67%.

Таблиця 6.1–Економічна ефективність використання комбінованого подрібнювача післяжнивних решток

Показники	КИЙ 14820 + подрібнювач соломи УМС-170	КИЙ 14820 + подрібнювач соломи УМС-170 (модернізований)
1	2	3
Річне напруцювання, га	26,4	27,8
Прямі затрати, грн./га на:		
- оплату праці	86,43	80,67
- паливно-мастильні матеріали	1578,0	1536,0
- ТО, поточний і капітальний ремонт	367,86	343,33
- реновацію	223,21	208,33
- інші прямі затрати	23,91	22,32
- всього прямих затрат	2279,41	2190,65
Капітальні вкладення, грн.	1785,71	1666,67
Зведені затрати, грн.	2547,27	2440,65
Річний економічний ефект від експлуатації модернізованої машини, грн.	-	1844,88
Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби модернізованої машини, грн.	-	6708,65
Затрати праці, люд. год/га	0,71	0,67
Річна економія праці, люд. год	-	0,38
Зменшення (%):		
- затрат праці	-	7,0
- прямих затрат	-	3,89
- зведених затрат	-	4,19
- капітальних вкладень	-	6,67

Висновки

1. Виконані розрахунки вказують на те, що річний економічний ефект від використання подрібнювача соломи становить 1844,88грн., а у випадку використання його за весь термін експлуатації – 6708,65грн.

2. Завдяки збільшенню змінної продуктивності зменшуються на одиницю напруцювання: затрат праці – 7,%; прямих затрат – на 3,89%;зведених затрат – на 4,19%. Для запровадження машини доведеться збільшити суму капіталовкладень на 6,67%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Найбільш перспективним способом знищення післяжнивних решток є такий, за якого не тільки подрібнюються рослинні рештки і їх кореневища, а й відбувається їх одночасне перемішування з ґрунтом.

2. Використовувані нині подрібнювачі післяжнивних решток – це в основному комбіновані агрегати з активними (ротаційними робочими органами), здатних ефективно подрібнювати та одночасно заробляти в ґрунт післяжнивні рештки.

3. Одним з шляхів підвищення ефективності використання агрегатів для післяжнивного обробітку рослинних решток є дослідження їх робочих органів до фізико-механічних властивостей сільськогосподарських культур.

- 4 Теоретичними дослідження отримане рівняння (2.13) дає змогу аналітично визначити взаємозв'язок між кількістю ножів ротаційного робочого органу, швидкістю руху агрегату та довжиною різання (подрібнення) рослин.
- 5 Аналітичними дослідження отримано формулу (2.30), яка дозволяє визначити повний тиск (зусилля) різання (подрібнення) рослинного матеріалу.
- 6 Теоретичними дослідженнями отримана формула (2.33) дає змогу визначити потужність, необхідну для перерізання (подрібнення) рослинної маси, що надходить на ножі ротаційного подрібнювача.
- 7 Експериментальними дослідженнями підтверджено лінійну закономірність зміни довжини подрібнення соломи від швидкості руху агрегату, кількості ножів на роторному подрібнювачі та частоті його обертання.
- 8 На основі отриманих закономірностей (рисунок 4.1) встановлено, за що однакової кількості ножів на роторі $Z=4$ агротехнічно-необхідна довжина подрібнення соломи (до 0,12м) забезпечується за швидкості руху агрегату в межах 2-3м/с у випадку, що частота обертання ротора не буде нижчою за 40с^{-1} ; якщо частота обертання ротора буде 30с^{-1} , то для подрібнення соломи до довжини, що не перевищує 0,12м, швидкість руху агрегату вздовж валків соломи повинна бути обмежена до 2,1м/с.

- 9 Виконаний аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що достатній рівень подрібнення стебел соломи (біля 75...80%) в залежності від товщини шару і вологості досягається за умови зменшення швидкості руху агрегату з 2,4 до 2,0м/с.
- 10 Експериментальними дослідженнями підтверджено лінійну закономірність зміни довжини подрібнення соломи від швидкості руху агрегату, кількості ножів на роторному подрібнювачі та частоті його обертання.
- 11 На основі отриманих закономірностей (рисунок 4.1) встановлено, за що однакової кількості ножів на роторі $Z=4$ агротехнічно-необхідна довжина подрібнення соломи (до 0,12м) забезпечується за швидкості руху агрегату в межах 2-3м/с у випадку, що частота обертання ротора не буде нижчою за 40с^{-1} ; якщо частота обертання ротора буде 30с^{-1} , то для подрібнення соломи до довжини, що не перевищує 0,12м, швидкість руху агрегату вздовж валків соломи повинна бути обмежена до 2,1м/с.
- 12 Виконаний аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що достатній рівень подрібнення стебел соломи (біля 75...80%) в залежності від товщини шару і вологості досягається за умови зменшення швидкості руху агрегату з 2,4 до 2,0м/с.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. та ін. Експлуатація машин та обладнання. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І. 2013. 576 с.
- 2 Винокуров Л. Е., Васильчик М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. Київ. Вікторія. 2001. 254 с.
- 3 Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
- 4 Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
- 5 Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навчальний посібник. Суми : ВТД «Університетська книга». 2008. 543 с.
- 6 Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник. Київ. Вища освіта, 2004. 544 с.
- 7 Комбінований подрібнювач післяжнивних решток грубостеблових культур: пат. 95135 Україна: № и 201407365; заявл. 01.07.2014; опубл. 10.12.2014. Бюл. №23. 4 с.
- 8 Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф., Іващук П.В., Корнійчук О.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 3-є вид., виправ., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.
- 9 Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 1 /А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк, С.М. Кравченко, І.О. Мошенко, Л.С. Червінський, А.І. Панченко, Я.В. Семен, В.В. Іщенко; за ред. А.В. Рудя. Київ.: Агроосвіта, 2012. 584 с.
- 10 Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 2 /А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк, С.М. Кравченко, І.О. Мошенко, Л.С. Червінський, А.І. Панченко, Я.В. Семен, В.В. Іщенко; за ред. А.В. Рудя. Київ.: Агроосвіта, 2012. 432 с.

- 11 Пістун І.П., Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П. Охорона праці (гігієна та виробнича санітарія) Львів «Тріада плюс», 2015. 224 с.
- 12 Подрібнювач MULCHER MZ. URL: <https://www.bednar.com/uk/mulcher-mz/> (дата звернення: 12.09.2025).
- 13 Подрібнювач післяжнивних решток грубостеблових культур: пат. 95126 Україна: № и 201407335; заявл. 01.07.2014; опубл. 10.12.2014. Бюл. №23. 4 с.
- 14 Подрібнювач рослинних решток PPP 280. URL: <https://astartat.com.ua/ua/mulcher-prr-280> (дата звернення: 11.09.2025).
- 15 Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ. Техніка, 2004. 512 с: іл.
- 16 Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів. ЛДАУ, 1998. 264 с.
- 17 Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
- 18 Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві. Навчальний посібник. Київ. Центр навчальної літератури. 2006. 384 с.
- 19 Трактор КИЙ 14820. Електронний ресурс: URL: <https://traktor-trade.com.ua/traktora/traktor-kij-14820/>. (дата звернення: 25.10.2025).
- 20 Універсальний мульчувач соломи УМС-170. URL: <https://astartat.com.ua/ua/izmelchitel-solomy-ums-170> (дата звернення: 12.09.2025).
- 21 Фрезерний подрібнювач кореневих та листостеблових залишків: пат. 29342, Україна, МПК А 01 В 33/00; № 200710230, заявл. 14.09.07, опубл. 10.01.08, бюл. №1.
- 22 Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Київ : НМК ВО, 1992. 320 с.
- 23 Шевчук Р.С., Крупич О.М. Економічна оцінка спеціалізованої сільськогосподарської техніки: *Метод. рекомендації* Львів. ДАУ. Львів, 1994. 27 с.