

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО
АПАРАТУ МАШИНИ ДЛЯ ВИБИРАННЯ З ПОЛЯ СТРИЖНІВ
КАПУСТИ»**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62
спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Хілярський Олег Петрович
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., в.о. проф. Кузьмінський Р.Д.
(прізвище та ініціали)

Рецензенти: к.т.н., доц. Миронюк О.С.
(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

Дослідження параметрів подрібнювального апарату машини для вибирання з поля стрижнів капусти. Хілярський Олег Петрович. –Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича. –Дубляни, Львівський НУП, 2024.

57 с. текст. част., 18 рис., 4 табл., 29 джерел.

Проведено аналіз способів та засобів для знищення післязбиральних решток капусти. Проаналізовано типи подрібнювальних барабанів та обгрунтовано доцільність обладнання машини для видалення з поля стрижнів капусти барабанного подрібнювача.

Проведені аналітичні дослідження взаємодії робочих органів подрібнювального барабана з стрижнями капусти під час її подрібнення ножами барабана. Отримані залежності для розрахунку основних параметрів подрібнювального барабана та визначення потужності приводу подрібнювального барабана.

Наведено методики та результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнтів та кутів тертя стрижнів капусти по сталених пластинах та якості подрібнення стрижнів капусти в залежності від обертів подрібнювального барабана та секундної подачі стрижнів на подрібнення.

Розроблено карту умов праці під час вибирання з поля стрижнів капусти та логіко-імітаційну модель процесу виникнення травм під час технічного обслуговування машини для вибирання з поля стрижнів капусти.

Виконані розрахунки техніко-економічних показників використання машини для вибирання з поля стрижнів капусти.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	8
1.1 Біологічні особливості капусти як об'єкта досліджень.....	8
1.2 Огляд машин для збирання капусти.....	9
1.3 Огляд машин для знищення стрижнів капусти.....	12
1.4 Огляд конструкцій подрібнювальних апаратів.....	18
Висновки.....	21
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СТРИЖНІВ КАПУСТИ	22
2.1 Теоретичні передумови дослідження процесу подрібнення стрижнів капусти.....	22
2.2 Дослідження процесу різання стрижнів капусти.....	24
Висновки.....	30
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
3.1 Мета і програма експериментальних досліджень.....	31
3.2 Передумови проведення дослідів.....	31
3.3 Методика визначення коефіцієнта тертя стрижнів капусти по сталій пластині	32
3.4 Методика визначення параметрів процесу подрібнення стрижнів капусти.....	34
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	37
4.1 Коефіцієнт тертя стрижнів капусти по металу.....	37
4.2 Параметри процесу подрібнення стрижнів капусти.....	38
Висновки.....	40
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
5.1 Складання карти умов праці під час вибирання з поля стрижнів капусти.....	41
5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм.....	45

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ	
МАШИНИ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ З ПОЛЯ СТРИЖНІВ КАПУСТИ.....	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	53
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	55

ВСТУП

За усіх способів збирання капусти на полі залишаються її рештки у вигляді стрижня (зовнішнього качана), окрім якого капуста має досить розвинену мичкувату кореневу систему, яка складається з головного кореня й розгалужених бічних і додаткових коренів, переважно розміщених в ґрунті [27].

Знищуючи залишки капусти застосуванням ґрунтообробної техніки та комбінованих агрегатів можна отримати негативні екологічні явища, що супроводжуватимуться деградацією структури й зниженням родючості ґрунту через нагромадження у верхніх його шарах хвороб, притаманних капусті, інфекції яких можуть не тільки зберігатися в ґрунті протягом 15 років, а й переноситися на інші ділянки й поля вітром, підґрунтовими водами, різними хробаками й гризунами та робочими органами й ходовими колесами с.-г. техніки із залишками зараженого ґрунту на них [24].

Актуальність теми. Під час збирання капусти відокремлюють качан, а стрижень залишається у землі, що створює певні негативні умови, пов'язані з нагромадженням у ґрунті притаманних капусті хвороб. Саме тому гостро постає проблема наступного вибирання стрижнів та їх утилізація.

З врахуванням можливих негативних наслідків, до яких можуть призвести залишені в ґрунті стрижні капусти вченими Львівського НУП було створено машину для повного видалення їх з поля [2, 10, 11, 25], основним робочим органом, що безпосередньо здійснює подрібнення є її подрібнювальний апарат.

Він виготовлений у вигляді барабана із закріпленими на ньому ножами. Перед ним встановлено горловину під певним кутом для примусового потрапляння стрижнів у камеру для подрібнення. Тому процес безпосереднього подрібнення стрижнів капусти барабаном має базуватися на певних закономірностях, які враховують подачу їх на подрібнення, енергетику процесу та вибір матеріалу ножів для барабана.

Таким чином дослідження, спрямовані на підвищення ефективності роботи подрібнювального апарату машини для видалення з поля стрижнів капусти є актуальними.

Мета досліджень: підвищення ефективності процесу подрібнення стрижнів капусти завдяки встановленню оптимальної їх подачі та обертів подрібнювального барабана машини для вибирання з поля стрижнів капусти.

Задачі досліджень:

- провести огляд способів та засобів знищення залишків капусти в ґрунті;
- провести теоретичні дослідження взаємодії робочих органів подрібнювального апарату з стрижнями капусти під час їх подрібнення;
- провести експериментальні дослідження процесу подрібнення стрижнів капусти на основі двофакторного експерименту;
- розробити карту умов праці під час вибирання з поля стрижнів капусти;
- визначити техніко-економічні показники використання машини для вибирання з поля стрижнів капусти.

Об'єкти досліджень: робочі органи подрібнювального барабана та технологічний процес подрібнення стрижнів капусти.

Предмет досліджень – закономірності зміни показників ефективності подрібнення стрижнів капусти від параметрів і режимів роботи подрібнювального апарату машини для вибирання з поля стрижнів капусти.

Публікація результатів. За результатами досліджень проведених в дипломній роботі було опубліковано одну статтю у матеріалах і тезах конференцій.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Біологічні особливості капусти як об'єкта досліджень

Капуста – дворічна культура, яка в перший рік утворює стебло 2 (рисунок 1.1), листя 1 і качан (головку) 5 [1, 27].

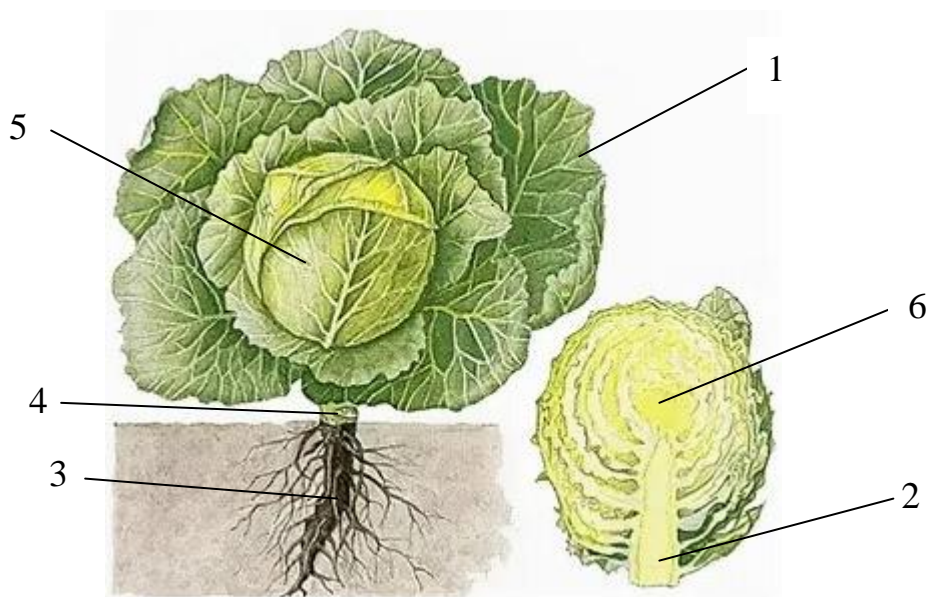


Рисунок 1.1 Будова капусти:

1 – листя; 2 – стебло; 3 – корінь; 4 – стрижень; 5 – качан (головка); 6 – верхівкова брунька.

Стебло умовно можна поділити на дві частини: зовнішню стрижень 4 (частина стебла нижче качана) і внутрішню (власне стебло). У нижній частині стрижня розвиваються корені 3. У стеблі міститься велика кількість поживних речовин, а тому його можна використовувати для отримання насіння у другий рік розвитку рослини.

Проте, основним органом для нагромадження запасів поживних речовин у капусти є саме качан. З біологічної точки зору качан – це маса листя 1, які щільно облягають верхівкову бруньку 6 й перекривають в черговому порядку один одного. Таким чином, у формуванні качана 5 беруть участь стебло 2, листя 1 та верхівкова брунька 6, яка є головним органом відновлення рослини. Листя виконують основну роль постійного джерела живлення для розвитку верхівкової бруньки. Одночасно вони захищають її і бічні бруньки

від несприятливих погодних умов. Стебло утримує на собі листя. Через нього здійснюється постійний обмін поживними речовинами між верхівковою брунькою та листям. З верхівкової бруньки протягом усього вегетаційного періоду нарастають нові листочки, а стебло і стрижень видовжуються.

Під час збирання капусти відокремлюють качан, а стрижень залишається у землі, що створює певні негативні умови, пов'язані з нагромадженням у ґрунті притаманних капусті хвороб. Саме тому гостро постає проблема наступного вибирання стрижнів та їх утилізація.

1.2 Огляд машин для збирання капусти

Для збирання капусти застосовують одно-дворядні капустозбиральні комбайни (машини).

Капустозбиральний комбайн МСК-1 застосовують під час суцільного збирання усіх видів головчастої капусти (окрім ранньої), що вирощуються на рівній або гребеневій ділянці поля з шириною міжрядь 70 см. На комбайні передбачено місця для перебивальників, а тому її одразу доводять до товарного вигляду й навантажують у транспортний засіб, що рухається поряд.

Капустозбиральний комбайн МСК-1 має зрізувальний апарат, змонтований у передній його частині, приймальний конвеєр 6 (рисунки 1.2), листовідокремлювач 7, перебиральний стіл 8 з майданчиком для допоміжних працівників 9, вивантажувальний елеватор 10. Усі робочі органи й механізми комбайна приводяться в дію від вала відбору потужності енергетичного засобу, а рама комбайна опирається на два пневматичні колеса.

Зрізувальний апарат має два конусоподібні приймальні і два вирівнювальні шнеки 2, два дискові ножі 4, строповий 5 та приймальний 6 конвеєри. Приймальний конвеєр 6 має на поверхні гофровані полотняні скребки. Нижня вітка стропового конвеєра 5 розміщена одразу над вирівнювальними шнеками 2, ножами 4 та лотком. У передній частині рами зрізувального апарата на підвісці змонтоване регульоване за висотою копіювальне колесо 12.

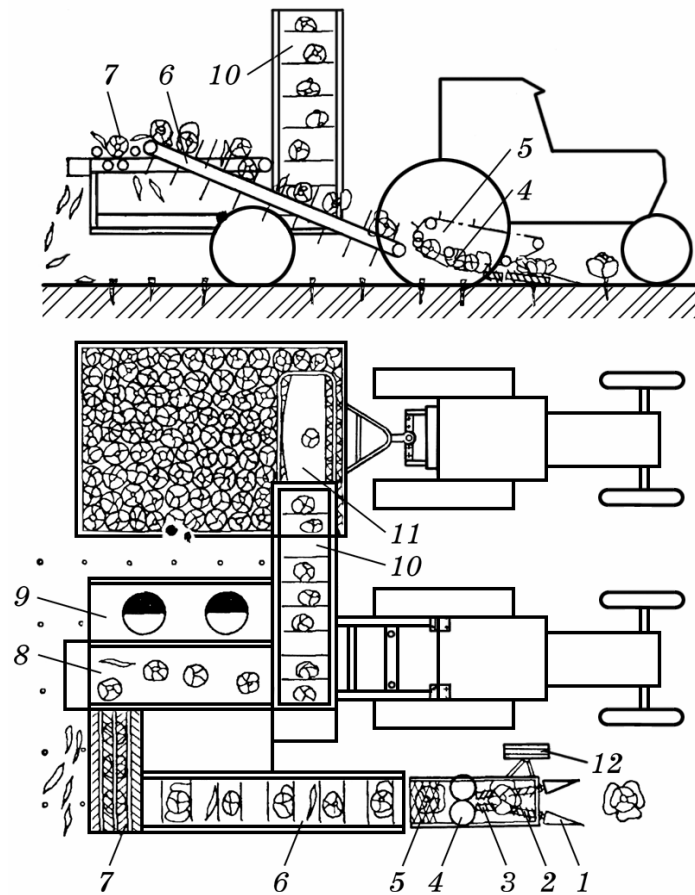


Рисунок 1.2 Технологічна схема капустозбирального комбайна МСК-1:

1 – конуси; 2 – шнек приймальний; 3 – шнек вирівнювальний; 4 – ножі дискові;
 5 – конвеєр строповий; 6 – конвеєр приймальний; 7 – листовідокремлювач;
 8 – стіл перебиральний; 9 – майданчик для працівників; 10 – елеватор вивантажувальний; 11 – лоток; 12 – колесо копіювальне.

Під час збирання капусти комбайн рухається вздовж рядків. Його обер-
 тальні конуси 1 приймальних шнеків 2 підходять вгору від поверхні поля пі-
 дрозеткове листя капусти й полеглі головки (качани), утримують їх в такому
 положенні й скеровують їх на вирівнювальні шнеки 3, які спільно з стропо-
 вим конвеєром 5 вирівнюють та остаточно фіксують головки капусти перед
 зрізуванням їх зі стрижнів. Дискові ножі 4, обертаючись, своєю насічкою зрі-
 зують головки й розеткове листя, відокремлюючи їх від стрижнів, котрі за-
 лишаються на полі, утримувані кореневищем. Головки капусти потрапляють
 на строповий конвеєр, яким по лотку скеровуються на приймальний прут-
 ковий конвеєр 6, яким вони піднімаються на листовідокремлювач, шнеки
 якого, обертаючись, знімають з головки вільне розеткове листя, а головки
 скеровують на перебиральний стіл, де їх доочищують вже вручну. Якщо го-

ловки пошкоджені, мають видимі ознаки захворювань, їх викидають на поле. Очищені головки капусти надходять на вивантажувальний прутковий елеватор, яким подаються у кузов (тракторний причіп) транспортного засобу.

Дворядна машина УКМ-2 призначена для суцільного збирання капусти з листям, посадженої з міжряддями 70 см й навантаження її в транспортні засоби, які рухаються поруч. Вона може експлуатуватися на рівних та гребневих ділянках поля.

Капустозбиральна машина УКМ-2 має раму, на якій змонтовано різальний апарат 1 (рисунок 1.3) з притискними барабанами 2 та вивантажувальний конвеєр 3.

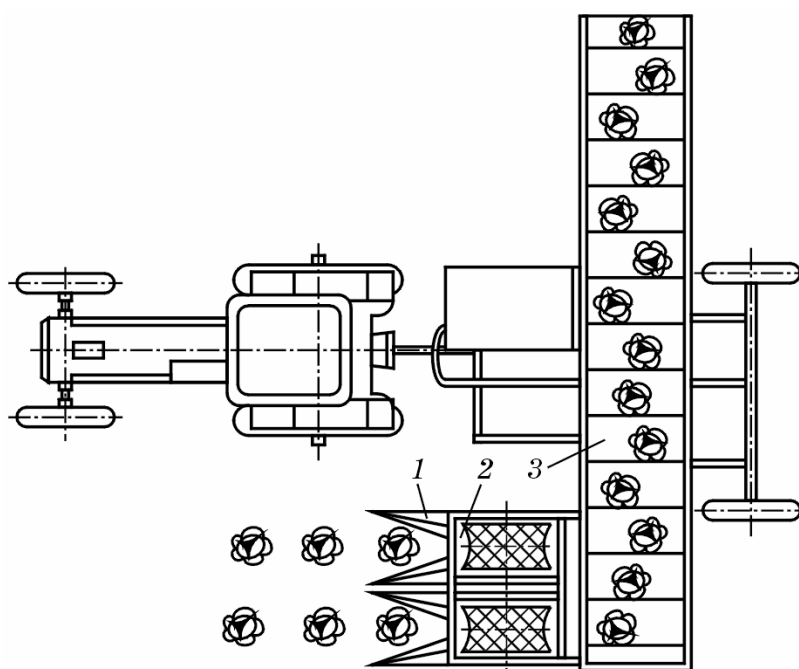


Рисунок 1.3 Схема капустозбиральної машини УКМ-2:

1 – клавiші різального апарата; 2 – притискні барабани; 3 – вивантажувальний конвеєр.

Опирається машина на два ходові колеса, обладнана гідросистемою, а всі механізми приводяться в дію від ВВП трактора.

Під час руху машини зібраною ділянкою поля клавiші 1 різального апарата піднімають й скеровують головки (качани) капусти під притискні барабани 2, які вирівнюють, фіксують та подають качани до приймальної частини вивантажувального конвеєра 3. Одразу після відрізування стрижнів з коренями сегментними ножами, які знаходяться під притискними барабана-

ми, головки капусти з приймальної частини вивантажувального конвеєра 3 надходять на похилу дошку й подаються в кузов (причіп) транспортного засобу.

Таким чином, після проходу капустозбиральної машини на полі залишаються стрижні качанів, які утримуються кореневищами у відповідному положенні. За несприятливих умов це може призвести до накопичення і поширення хвороб, плісняви, гнилі, грибків тощо. Тому виникає необхідність позбутися післязбиральних решток капусти, повністю звільнивши від них усе поле.

1.3 Огляд машин для знищення стрижнів капусти

Як правило, після збирання сільськогосподарських культур, врожай яких формується на наземній їх частині (стеблі) обробіток ґрунту проводять переважно ґрунтообробними машинами (знаряддями), серед яких найпоширенішими є важкі дискові борони або луцильники, після яких поле орють плугами або застосовують культиватори-плоскорізи. За аналогічною схемою знищують післяжнивні рештки зернових та зернобобових культур, сої, кукурудзи, ріпаку, соняшника, стрижнів капусти. Останніми роками широко застосовуються технології мінімального та нульового обробітків ґрунту з широким використанням ґрунтообробних фрез, парових культиваторів, комбінованих ґрунтообробних агрегатів та різного роду подрібнювачів післяжнивних решток [24, 25].

На сьогоднішній день існує також ряд машин і обладнання для знищення післяжнивних решток сільськогосподарських культур, в тому числі й залишків кукурудзи.

Фрезерний культиватор КФ-5,4 в основному призначений для міжрядного обробітку посівів цукрових буряків. З певним переобладнанням його можна застосовувати для знищення післяжнивних решток у рядках низькостеблових культур, а також кореневищ кукурудзи, соняшнику, ріпаку, капусти та ін. сільськогосподарських культур.

Культиватор має зварну раму з механізмом начіпки на енергетичний засіб, робочі секції (рисунок 1.4, б) з механізмами їх приводу у вигляді центрального конічного редуктора 7 і двох трансмісійних валів 10 та два опорних колеса 1 з гвинтовими механізмами 3.

Кожна робоча секція має корпус 5, два обертові диски 6 з Г-подібними активними ножами 12, пасивні ножі 9, захисний кожух 11 з фартухом 13. Приводиться в даю від центрального редуктора через карданну 2 передачу, трансмісійні вали 10 та ланцюгову 14 передачу й запобіжну муфту. Кожна секція культиватора в робочому положенні притискається до поверхні поля (до залишків рослинності в межах рядка), а в транспортному – утримується штангою з пружиною 8.

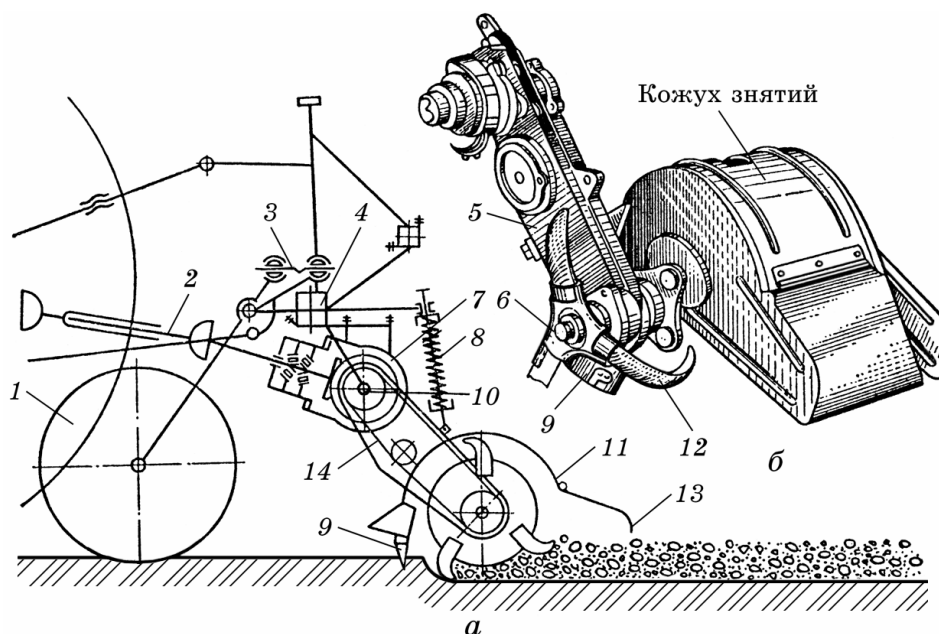


Рисунок 1.4 Культиватор фрезерний КФ-5,4:

а – принципова схема; б – робоча секція; 1 – колесо опорне; 2 – передача карданна; 3 – механізм гвинтовий; 4 – рама; 5 – корпус; 6 – диск; 7 – редуктор; 8 – штанга з пружиною; 9 – ніж пасивний; 10 – вал; 11 – кожух; 12 – ніж активний; 13 – фартух; 14 – передача ланцюгова.

Під час руху культиватора вздовж рядків, які підлягають обробітці (знищенню в них післяжнивних решток) фрезерні барабани кожної секції своїми активними ножами 12 відрізають тонку скибу ґрунту разом із рештками рослин і їх кореневищ, подрібнюють їх і відкидають назад, де вони вперемішок з ґрунтом вдаряються об кожух 11 та фартух 13 і розподіляються на

полі в розпушеному вигляді. При цьому пасивний ніж 9 розпушує смугу ґрунту, що знаходиться під корпусом кожної з секцій.

Основним недоліком фрезерного культиватора під час знищення кореневищ різних сільськогосподарських культур є досить інтенсивне подрібнення післяжнивних решток і заробляння їх у ґрунт. Якщо рослини мають хвороби, то вони можуть накопичуватися в ґрунті, що вимагатиме наступних заходів боротьби з ними. Крім того робочі органи культиватора працюють на глибині до восьми сантиметрів, що для мичкуватих кореневих систем недостатньо.

У зарубіжних країнах широко використовуються технології обертових ножів з вертикальною віссю обертання.

Такі машини застосовуються під час вирощування кукурудзи, озимих культур, соняшнику, ріпаку, сої, капусти та інших сільськогосподарських культур. Вони призначені для накопичення в ґрунті поживних речовин, шляхом поповнення їх через подрібнення післяжнивних решток попередника. Разом з цим у верхніх шарах ґрунту знищуються шкідники, бактерії, грибки.

Серед відомих моделей машин слід відмітити мульчував ґрунту BEDNAR FMT (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 Мульчував ґрунту BEDNAR FMT

Він призначений для суцільного знищення рослинності та післяжнивних решток й перемішування її з верхнім шаром ґрунту. Знищена рослинність рівномірно розподіляється за шириною захвату машини за допомогою аспраційної системи, тобто направленим повітряним потоком, створюваним вентилятором, змонтованим у центральній частині рами мульчувача.

Для знищення післяжнивних решток грубостеблових культур та капусти можна використовувати також комбінований подрібнювач, створений на базі фрезерного культиватора. Це комбінований агрегат, на рамі 1 (рисунок 1.6) якого змонтовано начіпку 2 для зачеплення подрібнювача на гідравлічну систему начіпки 3 трактора 4 [8, 17].

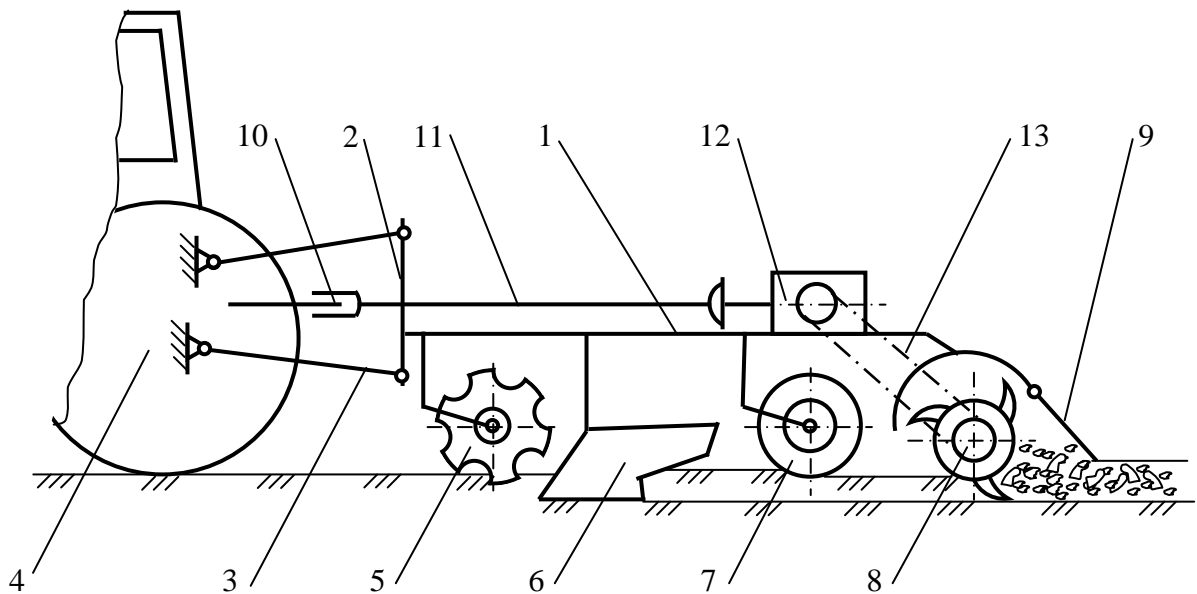


Рисунок 1.6 Схема комбінованого подрібнювача післяжнивних решток грубостеблових культур:

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

У передній частині комбінованого подрібнювача на рамі 1 змонтовані ножі 5, виготовлені у вигляді плоских вирізних дисків. Наступними робочими органами, розміщеним у центральній частині рами 1 є дільники 6 – розпушувальні лапи з напрямними стінками, глибина обробітку яких залежить від залягання корневих систем знищуваних рослин (їх кореневищ). Позаду них встановлені ущільнювальні котки 7 (або балансирна підвіска ущільнюва-

льних котків [8]). В задній частині рами 1 комбінованого подрібнювача змонтовано фрезерні секції 8 з щитками 9 для вирівнювання поверхні поля в зоні обробітку. Робочі органи (активні ножі) фрезерних секцій 8 приводяться в дію від ВВП 10 трактора 4, кардану 11 та ланцюгову 13 передачі й центральний редуктор 12.

Під час переміщення комбінованого подрібнювача вздовж рядків поля із залишками стрижнів після збирання капусти спочатку його плоскі вирізні диски 5 перерізають нахилені стрижні, або ті, які були вирвані й розкидані на поверхні поля хаотично. Далі дільники 6, рухаючись у міжряддях переміщують боковими поверхнями напрямних стінок подрібнені ножами рештки і разом з ґрунтом скеровують їх до відповідних зон подрібнення (розміщені в межах рядків стрижнів), де вони ущільнюються котками 7 і остаточно подрібнюються активними ножами фрезерних секцій 8.

Стрижні капусти перемішуються фрезерними секціями 8 з ґрунтом та відкидаються їх активними ножами до щитків 9, де вся маса вирівнюється й рівномірно розподіляються за напрямком руху комбінованого подрібнювача.

Застосування комбінованого подрібнювача дозволяє очистити поле від післяжнивних решток, зокрема й стрижнів капусти. Але всі рештки тільки подрібнюються і перемішуються з ґрунтом, а тому існує велика імовірність нагромадження в ньому певних хвороб, грибків, плісняви та бактерій, притаманним саме капусті.

Враховуючи недоліки використання машин, які працюють за принципом знищення післяжнивних решток і їх заробляння в ґрунт вченими Львівського НУП розроблено комбінований агрегат (машину) для вибирання з поля стрижнів капусти [10, 11, 23, 24, 25].

Основою машини є рама 1 (рисунок 1.7), яка опирається на два пневматичні колеса 6. У передній частині рами 1 міститься підкопувач 2, який підкопує стрижні 3 капусти разом із кореневою системою. Він являє собою дві однобічні плоскорізальні лапи, різальні кромки яких йдуть по обидві сторони рядка стрижнів. На машині застосовують бральний апарат 14 у вигляді не-

скінченних стрічкових транспортерів, або дводисковий копач з бітерними лопатками [2].

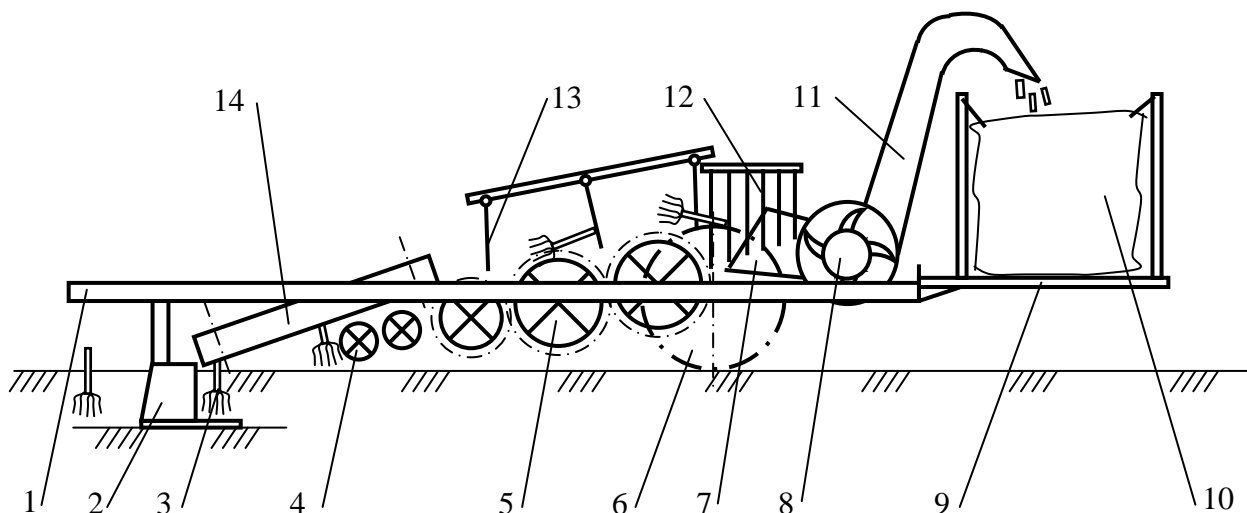


Рисунок 1.7 Схема машини для вибирання з поля стрижнів капусти:

1 – рама; 2 – підкопувач; 3 – стрижень капусти; 4 – очисник щітковий; 5 – очисник бітерний; 6 – колесо опорне; 7 – приймальна камера; 8 – подрібнювач роторний; 9 – платформа; 10 – змінна тара (мішок); 11 – трубопровід; 12 – граблина; 13 – екран прогумований; 14 – бральний апарат.

Для очищення коренів від землі запропоновано комбінацію з двобарабанного щіткового очисника 4 та бітерного очисника 5, що складається з трьох окремих послідовно змонтованих бітерів. Для затримування стрижнів на очисниках використовують закріплені над ними прогумовані екрани 13. Граблини 12 запобігають просипанню стрижнів капусти на поле за межі машини. У задній частині рами запропонованої машини для вибирання з поля стрижнів капусти змонтовано роторний подрібнювач 8 з приймальною камерою 7 та трубопроводом 11 для транспортування подрібнених решток у змінний мішок 10, закріплений платформі 9.

Під час руху машини вздовж рядків стрижнів капусти плоскорізальні лапи підкопувача 2 підрізають корені стрижнів 3 та руйнують зони ущільнення навколо них. Стрижні капусти дещо піднімаються вверх не змінюючи свого попереднього положення. Далі робочі вітки стрічок брального апарату 14 захоплюють стрижні за зовнішні качани й транспортують вверх. У цьому випадку корені стрижнів 3 піддаються послідовній дії двох барабанів щітко-

вого очисника 4 для очищення їх від залишків ґрунту. Після цього стрижні потрапляють на барабани бітерного очисника 5, інтенсивність очищення яких збільшується завдяки прогумованим екранам 13, які примусово притискають стрижні 3 капусти до бітерів, що обертаються в часі переміщення їхньою поверхнею.

Очищені від залишків ґрунту стрижні 3 капусти потрапляють у приймальну камеру 7, а звідти – у роторний подрібнювач 8, який завдяки великій швидкості обертання не тільки інтенсивно подрібнює стрижні капусти своїми ножами, але й одночасно створює направлений повітряний потік, яким уся подрібнена маса через трубопровід 11 потрапляє у змінний мішок 10, розміщену на платформі 9.

Подрібнена маса скеровується до мішка 10 інтенсивним повітряним потоком, через що відбувається її ущільнення. Після заповнення мішка 10 машина зупиняється у визначеному місці на краю поля й тара змінюється на порожню. Заповнені мішки транспортуються за межі поля і подрібнена маса утилізуються.

Таким чином, запропонована конструкція машини дозволяє повністю очистити поле від стрижнів капусти й убезпечити ґрунт від нагромадження в ньому збудників хвороб, грибків чи бактерій.

1.4 Огляд конструкцій подрібнювальних апаратів

Подрібнювальні апарати доволі широко використовуються у сучасній сільськогосподарській техніці, машинах для подрібнення деревини, каміння, нерудних матеріалів тощо. Їх вибір обумовлюється специфікою проведення певного виду робіт, а тому розміри, форма та принцип дії таких апаратів доволі різноманітний.

У переважній більшості сучасних кормо- силосозбиральних комбайнах (машинах) застосовують барабанні або дискові подрібнювальні апарати (рисунк 1.8). Їх основне призначення – якісно і з найбільшою продуктивністю

подрібнити зрізану рослинну масу, яка йде на подрібнення від різальних і живильних апаратів. Передовсім так збирають і подрібнюють однорічні та багаторічні трави під час заготівлі сінажу, кукурудзи, соняшнику, вівсяних сумішей під час заготівлі силосу та інших фуражних культур, які можуть одразу згодуватися тваринам.

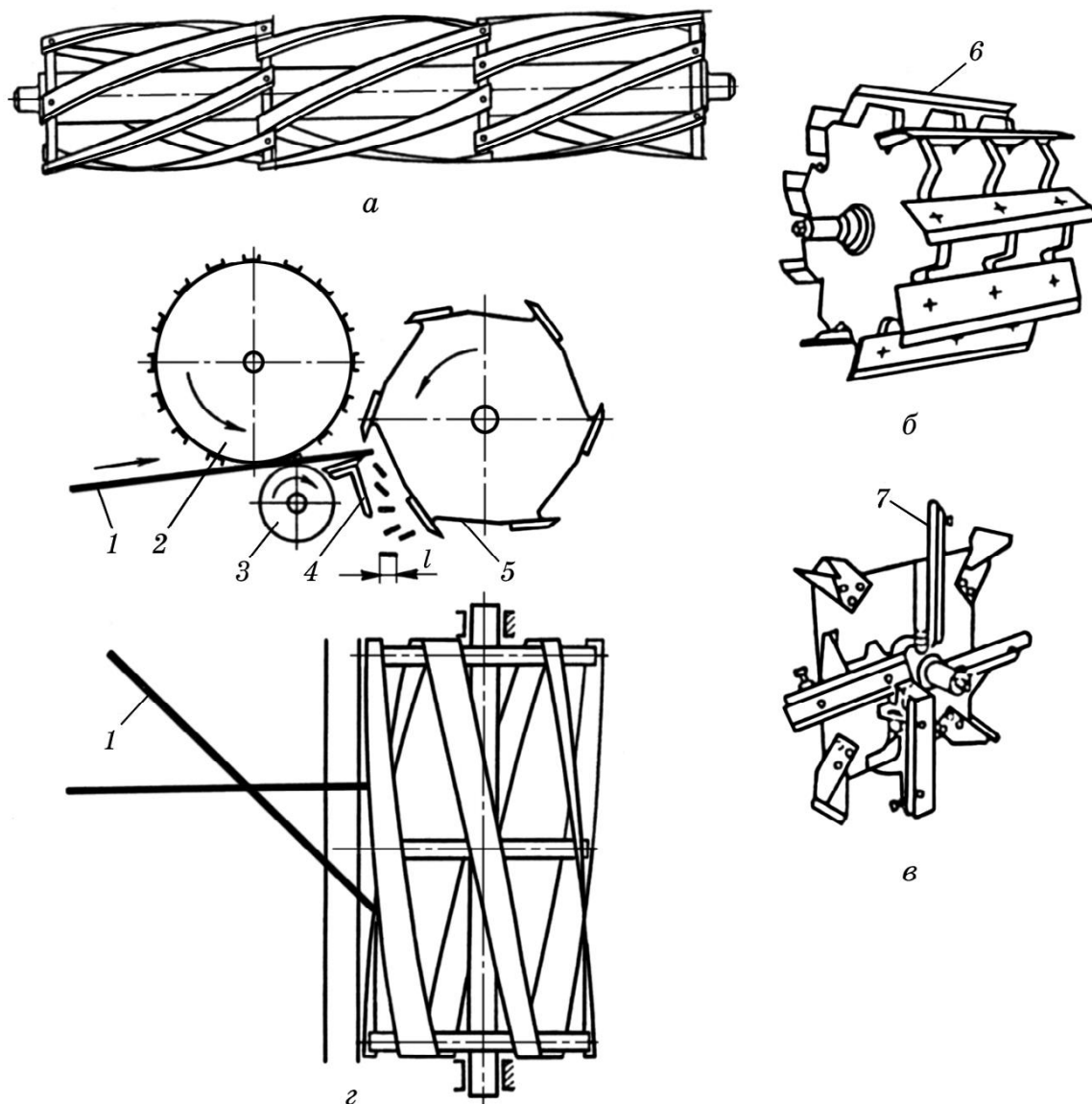


Рисунок 1.8 Схеми подрібнювальних апаратів:

а – барабанний багатосекційний; *б* – барабанний плосконожовий; *в* – дисковий; *г* – барабанний з гвинтоподібними ножами; 1 – стебло; 2 – верхній валець; 3 – нижній валець; 4 – протиризальна пластина; 5 – циліндричний барабан; 6 і 7 – ножі.

Принцип роботи подрібнювальних апаратів подібний і полягає в перерізанні рослин за допомогою пристрою із наявними на його поверхні ножами, що обертається.

Серед барабанних подрібнювачів вирізняють плосконожові (див. рисунок 1.8, б) та з гвинтоподібними ножами на поверхні барабанів (див. рисунок 1.8, а, з), які в свою чергу, можуть бути дво-або багатосекційними (див. рисунок 1.8, а) [5, 6, 7, 20].

Барабанний подрібнювач являє собою циліндр, на якому з певним кроком закріплені ножі 6. Їх може бути від 2 до 12 штук в одній секції. Для підвищення ефективності його роботи перед барабаном, який обертається встановлена протирізальна пластина 4. До барабана рослинна маса подається живильним апаратом, який має набір верхніх 2 та нижніх 3 вальців або бітерів, які можуть бути підпружиненими.

Під час переміщення рослинної маси в живильному апараті вона перебуває в довільній орієнтації і може подаватися до барабана під різними кутами – частина стебел подається на подрібнення під кутом, а частина – перпендикулярно до різальної кромки протирізальної пластини. Саме тому рослини подрібнюються нерівномірно, тобто встановити однакову довжина різки практично неможливо. Як видно з рисунка 1.8, з стебла 1 рухаються під кутом, а тому довжина різки для них буде більшою, ніж тих, які спрямовуються на подрібнення перпендикулярно до неї [5, 6, 7, 20].

Дискові подрібнювачі мають дещо іншу конструкцію. Це плоский диск, діаметром від 850 до 1200 мм, на якому закріплено по радіусу чи під кутом до 12 плоских ножів 7 (див. рисунок 1.8, в). Колова швидкість дискового подрібнювача коливається в межах 35...40 м/с внаслідок чого подрібнена маса переміщується від кидально-вентиляторної дії ножів. Для інтенсифікації процесу переміщення подрібненої маси із зони дії дискових ножів між ними іноді додатково встановлюють лопаті.

В окремих машинах для збирання трав з подрібненням застосовують молоткові ножі, шарнірно закріплені на обертовому валу. Такі самі робочі органи зустрічаються на подрібнювачах бадилля картоплі.

Як видно із вищенаведеного матеріалу подрібнювальні апарати широко використовуються в різноманітній техніці. Якщо взяти за основу розроблену

машину для вибирання з поля стрижнів капусти, то пропонується встановити на ній барабанний подрібнювач, параметри якого та режими роботи потрібно дослідити, що й передбачено дипломною роботою, незважаючи на те, що дискові подрібнювачі мають перевагу над барабанными стосовно рівномірності подрібнення й ефективності створення направленою повітряного потоку, яким подрібнена маса через трубопровід скеровується в тару.

Висновки

1. Подрібнювальні апарати доволі широко використовуються у сучасній сільськогосподарській техніці, машинах для подрібнення деревини, каміння, нерудних матеріалів тощо; їх вибір обумовлюється специфікою проведення певного виду робіт, а тому розміри, форма та принцип дії таких апаратів доволі різноманітний.

2. У переважній більшості сучасних кормо- силосозбиральних комбайнах (машинах) застосовують барабанні або дискові подрібнювальні апарати.

3. На сьогоднішній день в розробленій машині для вибирання з поля стрижнів капусти пропонується встановити барабанний подрібнювач, параметри якого та режими роботи передбачається дослідити в дипломній роботі.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СТРИЖНІВ КАПУСТИ

2.1 Теоретичні передумови дослідження процесу подрібнення стрижнів капусти

Проведеним аналізом технологій та способів збирання капусти встановлено, що найпоширенішим є механізоване збирання з використанням капустозбиральних комбайнів МСК-1 чи машин УКМ-2. Доволі широко практикується також збирання капусти напівмеханізованим способом, за якого головки капусти зрізують вручну і завантажують їх у кузов універсальної овочевої платформи ПОУ-2 [23].

Проте, за усіх способів збирання на полі залишаються рештки капусти у вигляді стрижня (зовнішнього качана), висота якого для різних сортів капусти може коливатися в межах 0,15-0,25 м. слід також врахувати, що капуста має досить розвинену мичкувату кореневу систему, що є сукупністю головного кореня й розгалужених бічних та додаткових коренів, які переважно розміщені в ґрунті на глибині від 0,15 до 0,40-0,45 м [25, 27].

Звільняють поле від стрижнів капусти переважно застосуванням ґрунтообробної техніки та комбінованих агрегатів. Але використання подібної техніки дозволяє доволі ефективно подрібнювати рослини й перемішувати їх з верхнім шаром ґрунту. Проте, знищуючи залишки капусти саме такими методами можна отримати негативні екологічні явища, що супроводжуватимуться деградацією структури й зниженням родючості ґрунту через нагромадження у верхніх його шарах хвороб, притаманних капусті, серед яких грибові захворювання, насамперед кила, інфекція якої може не тільки зберігатися в ґрунті протягом 15 років, а й переноситися на інші ділянки й поля вітром, підґрунтовими водами, різними хробаками й гризунами та робочими органами й ходовими колесами с.-г. техніки із залишками зараженого ґрунту на них [27].

Зберігають життєздатність протягом кількох років такі грибкові захворювання, як хлороз та фомоз. Вони можуть поширюватися через ґрунт і рослинні рештки. Великої шкоди врожаю капусти можуть завдати також фітофтороз, судинний бактеріоз, сіра та мокра бактеріальні гнилі, джерелом інфекції й поширення яких є ґрунт або уже заражені рештки капусти [27].

З врахуванням можливих негативних наслідків, до яких можуть призвести залишені в ґрунті стрижні капусти вченими Львівського НУП було створено машину для повного видалення їх з поля [23], конструкцію якого описано в першому розділі дипломної роботи.

Основним робочим органом, що безпосередньо здійснює подрібнення є подрібнювальний апарат машини. Він виготовлений у вигляді барабана із закріпленими на ньому ножами. Перед ним встановлено горловину під певним кутом для примусового потрапляння стрижнів у камеру для подрібнення. Тому процес безпосереднього подрібнення стрижнів капусти барабаном має базуватися на певних закономірностях, які враховують подачу їх на подрібнення.

Що стосується самого процесу подрібнення стрижнів у подрібнювальному апараті, то необхідно враховувати багато чинників конструктивного характеру, зокрема кут загострення ножа, матеріал з якого виготовлений ніж та технологічного характеру – швидкість різання (оберти барабана), спосіб різання: нормальним рухом (рубанням) чи ковзним рухом (пилянням), характер різання: кривими чи прямими ножами тощо.

Окремим напрямком теоретичних досліджень під час подрібнення – визначення енергоємності процесу, тобто встановлення необхідної потужності електродвигуна (чи потужності трактора, яка буде передаватися через його ВВП до усіх механізмів машини) для приводу робочих органів, систем і механізмів комбінованого подрібнювача.

Але основним завданням є теоретичне дослідження процесу безпосереднього подрібнення стрижнів капусти (рослинної маси), що подається від очисників машини для видалення стрижнів капусти.

2.2 Дослідження процесу різання стрижнів капусти

Найбільш простим і універсальним робочим органом для різання, рубання, сколювання і т.д. є клин. Процес різання (подрібнення) рослинної маси, якою вважаємо стрижень капусти з кореневою системою за допомогою клина може здійснюватися в двох напрямках:

- завдяки його переміщенню тільки за напрямком розрізання по нормалі до леза клина,
- завдяки його переміщенню в двох взаємоперпендикулярних напрямках – по нормалі й паралельно до леза клина.

За першого варіанту процес подрібнення відбувається завдяки входженню клина (створенню нормального тиску в зоні контакту) в шар рослин, які надходять на подрібнення, ущільнення його своїми гранями з остаточним відриванням кусочків рослинного матеріалу – здійснюється процес рубання.

За другого варіанту нормальний тиск, створюваний лезом на рослинну масу менший ніж за першого випадку через те, що розрізання стеблової маси супроводжується ковзним рухом леза (робочого органу).

Розглянемо процес різання рослин клином. Позначимо через елементарне тіло (кусочок рослинної маси), яке має вагу $G = mg$ (рисунок 2.1) й розміщене на нахиленій під певним кутом α площині [7].

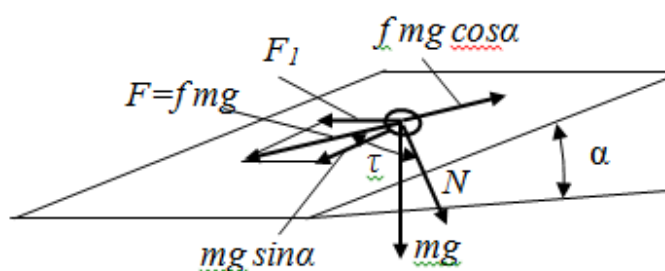


Рисунок 2.1 Схема сил, що діють на тіло, яке знаходиться на похилій площині

Тіло буде знаходитися на площині й не ковзати її поверхнею тоді, коли складова його ваги $mg \sin \alpha$, направлена в сторону нахилу площини, не зможе переміщувати його вниз. Таке можливо, коли кут α нахилу площини буде

меншим за кут тертя φ рослинної маси об поверхню леза площини, тобто виконуватиметься умова $\alpha < \varphi$.

За прикладання до елементарного тіла сили F_1 у напрямку, перпендикулярному до нахилу площини (верхньої грані клина), воно почне переміщуватися площиною в напрямку дії прикладеної сили. Для цього повинна виконатися умова: рівнодійна сил F_1 з складовою $mg \sin \alpha$, мають бути рівною силі тертя:

$$F_1^2 + (mg \sin \alpha)^2 = (fmg \cos \alpha)^2. \quad (2.1)$$

Після перетворень будемо мати:

$$F_1 = \frac{mg}{\cos \varphi} \sqrt{\sin(\varphi - \alpha) \sin(\varphi + \alpha)}. \quad (2.2)$$

Якщо кут нахилу площини до горизонталі буде наближатися до нуля ($\alpha \approx 0$), то сила F_1 прямуватиме до сили тертя fmg , а саме:

$$F_1 \approx fmg. \quad (2.3)$$

Очевидним є те, що під час різання з ковзанням певна частина сил тертя буде переноситися за напрямком, який є перпендикуляром до заданого напрямку різання. В цьому випадку лезо різального апарату частково звільняється від певної частини тертя й проникає в шар рослинної маси з меншим опором.

Щоб аналітично дослідити процес ковзання в процесі різання потрібно до нерухомого тіла, що знаходиться на похилій поверхні з певним тертям, прикласти нормальну силу N (див. рисунок 2.1) за вибраним напрямком, причому повинна виконуватись умова

$$N \leq fmg. \quad (2.4)$$

Для подолання сили тертя fmg прикладеною меншою за неї силою N , до нерухомого на похилій поверхні тіла потрібно прикласти ще й деяку силу F_1 , яка за напрямком буде перпендикулярною до прикладеної сили N .

Тіло почне рухатися похилою поверхнею (площиною) в момент, коли рівнодійна F сил F_i та N буде рівною fmg .

Звідси випливає, що

$$N = fmg \cos \tau = \frac{fmg}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \tau}}. \quad (2.5)$$

Коли на різальному апараті барабанного типу, який має центр обертання, позначений точкою O (рисунок 2.2) жорстко закріпити ніж, лезо якого матиме радіальний напрямок, то це лезо зможе тільки рубати але ковзання практично буде відсутнє.

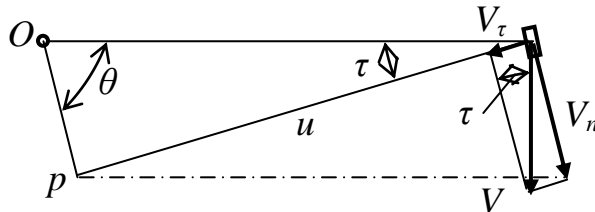


Рисунок 2.2 Схема для визначення кута ковзання ножа

Для прямого ножа із зміщенням на відстань $p = r \sin \tau$ від осі обертання лезом лінійна швидкість V будь-якої точки цього леза може розкладатися на нормальну V_n й тангенціальну V_τ складові, тобто:

$$V_n = r\omega \cos \tau = \omega u, \quad (2.6)$$

$$V_\tau = r\omega \sin \tau = p\omega, \quad (2.7)$$

де u – відстань, яку можна визначити з умови $u = r \cos \tau$.

Нормальна складова (V_n) має прямо пропорційну закономірність, а тангенціальна – V_τ характеризується постійністю значень величини для усіх точок леза ножа через те, що відстань p (див. рисунок 2.2) є постійною величиною, тобто

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

Виходячи з цих умов коефіцієнт ковзання леза ножа різального апарату барабанного типу можна визначити, скориставшись співвідношенням

$$\varepsilon = \frac{V_\tau}{V_n} = \operatorname{tg} \tau = \frac{p}{\sqrt{r^2 - p^2}} = \frac{p}{u}. \quad (2.8)$$

Отже, лезо ножа подрібнювального апарату машини для прибирання з поля стрижнів капусти має мати криву форму, причому кута τ повинен бути змінним і має постійно зростати через більшу тривалість ковзного руху леза ножа.

Для аналітичного дослідження повороту леза ножа під час різання рослинної маси розглянемо схему, наведену на рисунку 2.3 [7].

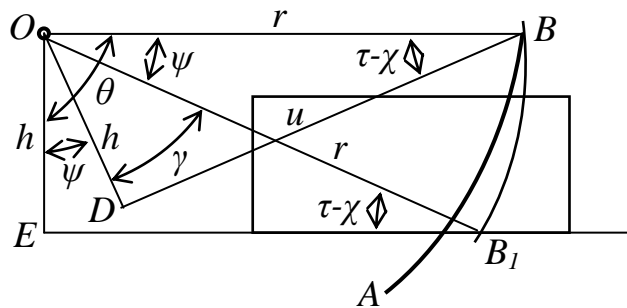


Рисунок 2.3 Схема для визначення кута повороту ножа під час різання

Аналізуючи дану схему можна побачити, що для того, щоб довільна точка B перейшла в точку B_1 , лезо ножа подрібнювального апарату машини для вибирання з поля стрижнів капусти має повернутися на деякий кут $\psi = \angle BOB_1$. Цей кут утворюється внаслідок окреслення кола радіусом OB до пересікання з нижньою кромкою горловини живильного апарату.

Аналогічний кут можна отримати під час побудови на $OB = r$ прямокутного трикутника, відповідні катетами якого: $h = OD = OE$ та $u = BD = EB_1$.

Через те, що кути $\angle OB_1E$ та $\angle OBD$ рівні між собою й відповідають значенню $[(\tau - \chi)]$, то кут повертання леза ножа ψ можна визначити з умови

$$\psi = \Theta - \left[\frac{\pi}{2} - (\tau - \chi) \right] = \Theta - \gamma, \quad (2.9)$$

а це означає, що

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

Після незначних перетворень будемо мати

$$\psi = \Theta - \arctg \frac{u}{h} = \Theta - \arcsin \frac{u}{r} = \Theta - \arccos \frac{h}{r}, \quad (2.10)$$

а значить

$$d\psi = d\Theta - \frac{hdu}{u^2 + h^2} = d\Theta - \frac{hdr}{r\sqrt{r^2 - h^2}}. \quad (2.11)$$

Врахувавши (2.10) остаточно отримаємо формулу для визначення кута повороту леза ножа подрібнювального апарату машини для знищення стрижнів капусти:

$$d\psi = \left(\frac{\operatorname{tg} \tau}{r} - \frac{h}{r\sqrt{r^2 - h^2}} \right) dr = \frac{u \operatorname{tg} \tau - h}{u^2 + h^2} du. \quad (2.12)$$

Це означає, що за $h=0$, тобто коли нижнє ребро горловини співпадає з центром обертання леза ножа подрібнювального барабана, кут повороту $d\psi$ відповідає біжучому значенню кута $d\Theta$ радіус-вектора.

На рослинну масу (стрижні капусти) в часі її різання лезо ножа подрібнювального апарату діє з нормальним тиском N (рисунок 2.4). Різання відбувається одночасно із ковзним рухом за напрямком дотичної сили $f_{\kappa} N$.

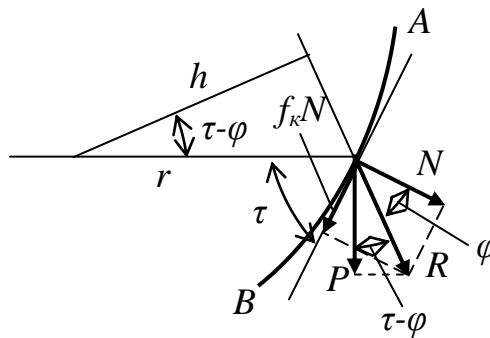


Рисунок 2.4 Схема для визначення сили тиску на рослинну масу під час ковзного різання

Виходячи з рисунка 2.4 рівнодійну R сили тиску N та дотичної сили $f_{\kappa} N$ можна визначити з наступного співвідношення

$$R = \frac{N}{\cos \varphi}, \quad (2.13)$$

де φ - кут тертя рослинного матеріалу по лезу ножа.

Ця рівнодійна є складовою нормальної сили різання P до радіус-вектора, яку можна визначити за формулою

$$P = \frac{N}{\cos \varphi} \cos(\tau - \varphi) = N(1 + f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau) \cos \tau, \quad (2.14)$$

де f_{κ} – коефіцієнт ковзного різання.

Силу N повного тиску різання рослинної маси на лезо ножа можна визначити з умови

$$N = p \Delta S, \quad (2.15)$$

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

ΔS – довжина розрізу рослинної маси.

З врахуванням (2.15) формула (2.14) матиме вигляд:

$$P = p \Delta S (1 + f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau) \cos \tau = R \cos(\tau - \varphi). \quad (2.16)$$

Затрати потужності на перерізання рослинної маси (стрижнів капусти), яка подається від бітерів-очисників машини для видалення з поля стрижнів капусти визначаємо за формулою

$$N_p = PV = Pr \frac{d\Theta}{dt} = p \Delta S (1 + f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau) \cos \tau \frac{d\Theta}{dt} r = \frac{N}{\cos \varphi} r \omega \cos(\tau - \varphi). \quad (2.17)$$

Оскільки площа різання рослинної маси (стрижнів капусти) становить $dF = \Delta S \cdot r d\Theta \cos \tau$, то у відповідності з формулою (2.17) будемо мати остаточну формулу для визначення потужності різання:

$$N_p = p \frac{dF}{dt} (1 + f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau). \quad (2.18)$$

Без врахування у формулі (2.18) складової $f_{\kappa} \operatorname{tg} \tau$, що характеризує властивості подрібнювального апарату (леза ножа), то потужність різання (подрібнення) рослинної маси можна наближено визначити за формулою

$$N_p = p \frac{Fkn}{60} = p \frac{knab}{60} = \frac{pQ}{l\rho}, \quad (2.19)$$

де F – площа поперечного перерізу порції стрижнів капусти, які одночасно надходять від бітерів-очисників, м^2 ;

a – товщина шару порції стрижнів капусти, м;

b – ширина шару порції стрижнів капусти, м;

n – оберти різального барабана подрібнювального апарату, об/хв.;

k – кількість ножів на різальному (подрібнювальному) барабані, шт.;

Q – секундна продуктивність різального (подрібнювального) барабану, кг/с;

l – довжина різання порції стрижнів капусти, м;

ρ – щільність порції стрижнів капусти, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Отримана формула дає змогу практично вирахувати потужність привідного механізму для ефективного подрібнення стрижнів капусти у подрібнювальному апараті машини для вибирання з поля стрижнів капусти.

Висновки

1. На підставі теоретичних досліджень встановлено, що ефективність різання з подрібнення стрижнів капусти підвищуватиметься, якщо подрібнювальний барабан машини для видалення з поля стрижнів капусти обладнати ножами, здатними здійснювати різання рослин із одночасним ковзанням.
2. Згідно теоретичних досліджень встановлено, що діаметр подрібнювального барабану машини для видалення з поля стрижнів капусти має становити не менше 0,40 м для забезпечення умови подрібнення стрижнів капусти й одночасного винесення подрібненої маси із зони подрібнення.
3. На підставі виконаних теоретичних досліджень встановлено, що для ефективної роботи подрібнювального барабану машини для видалення з поля стрижнів капусти потужність його приводу має становити не менше 5,2кВт, а кількість ножів на ньому не повинна бути меншою за 8 штук.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Мета і програма експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводились з метою визначення коефіцієнтів тертя стрижнів капусти по матеріалу, зокрема металу (сталі) з якого виготовлені ножі подрібнювального барабана машини для прибирання з поля стрижнів капусти, що є впливовим на перебіг технологічного процесу подрібнення рослин відповідної урожайності, підтвердження й доповнення попередніх теоретичних досліджень.

Для досягнення вказаної мети нами була розроблена програма експериментальних досліджень, яка, зокрема, передбачала наступне:

1. Визначення коефіцієнта та кута тертя стрижнів капусти по металу (стальній пластині).
2. Визначення показників процесу подрібнення стрижнів капусти з використанням лабораторного обладнання.

3.2 Передумови проведення дослідів

Об'єктом експериментальних досліджень з вивчення параметрів процесу подрібнення стрижнів капусти була взаємодія ножів подрібнювального апарату машини для вибирання з поля стрижнів капусти з рештками капусти (стрижнями й кореневою їх системою) різної урожайності. Експерименти проводились в лабораторіях кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича Львівського НУП.

Експерименти проводились у відповідності із загальноприйнятими методиками, а для визначення окремого конкретного показника ефективності подрібнення стрижнів капусти були розроблені часткові методики [19, 29]. Отримані під час експериментів дані оброблялись методами математичної статистики з визначенням середнього арифметичного \bar{X} , середньо квадратич-

ного відхилення окремого вимірювання σ й остаточного результату m , коефіцієнта варіації ν та відносного статистичного відхилення p середнього арифметичного [19, 29].

Подібна методика застосовувалась при обробці результатів усіх окремих експериментів з підбором (вибором типу) емпіричних формул, які відповідають експериментально отриманим закономірностям та визначенні її коефіцієнтів, скориставшись методом найменших квадратів [19, 29].

3.3 Методика визначення коефіцієнта тертя стрижнів капусти по сталій пластині

Під час експериментальних досліджень параметрів і режимів роботи подрібнювального апарату машини для видалення з поля стрижнів капусти першочергово потрібно провести досліди з визначення коефіцієнта і відповідного їм кута тертя стрижнів капусти по металу (сталій пластині), з якого виготовлені ножі подрібнювального барабану вказаної машини.

Методикою експериментів ставилося завдання визначити коефіцієнт тертя стрижнів капусти по сталій пластині, шляхом побудови рівнодійної нормальної сили і сили тертя, що виникають в часі взаємодії частинок стрижнів капусти 6 (рисунок 3.1, а), які жорстко закріплені на дерев'яній дощечці рухомої каретки 3 з сталюю пластинною 2 тертя.

Безпосередньо під час виконання кожного експерименту використовувався відомий прилад В.П. Желіговського [19]. Він являє собою колодку 1 з тримачем і лінійкою 5, безпосередньо на якій закріплена металева (сталена) пластина 2 тертя, до якої торкається дослідний матеріал (стрижні капусти), жорстко закріплений на дерев'яній дощечці, змонтованій на рухомій каретці 3 приладу, у нижній частині якої встановлювався самописець (олівець) 4.

Під час дослідження рухома каретка 3 встановлювалась таким чином, щоб стрижні капусти торкалися поверхні сталюї пластини 2 лінійки 5, а олівець 4 торкався поверхні аркуша білого паперу формату А1.

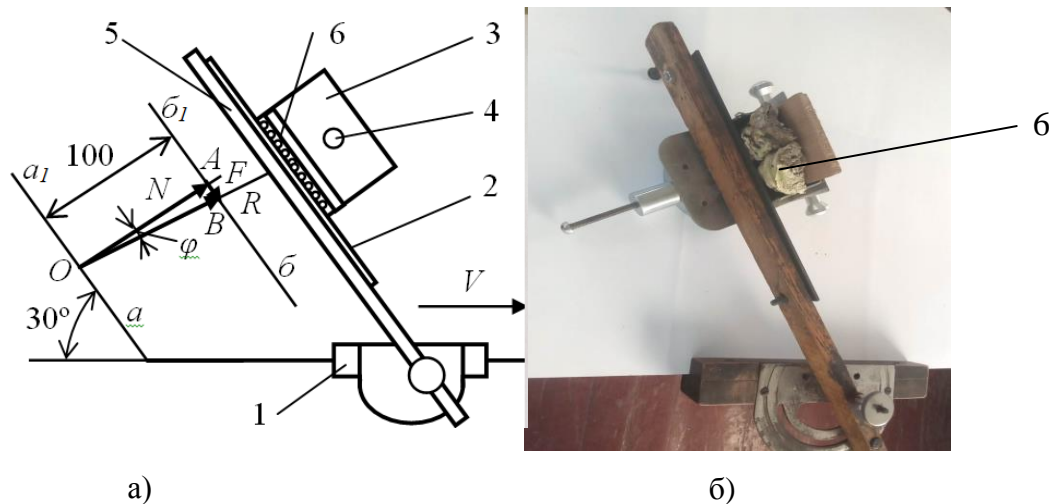


Рисунок 3.1 Схема вимірювання і будова приладу В.П. Желіговського

- а) схема (1 – колодка з тримачем; 2 – пластина тертя; 3 – каретка; 4 – самописець; 5 – лінійка, 6 – досліджуваний матеріал);
 б) загальний вигляд.

На колодці 1 з тримачем вибирався й фіксувався кут нахилу лінійки 5 зі сталлюю пластиною 2 тертя в межах 30 град. до площини ковзання колодки 1 з тримачем. Така умова необхідна для того, що коли під час експериментів колодка 1 з тримачем переміщувалася за напрямком, позначеним стрілкою з літерою V на рисунку 3.1, каретка 2 ковзала вздовж лінії aa_1 , забезпечуючи контакт (тертя) між досліджуваним матеріалом (стрижнем капусти) 6 та сталлюю пластиною 2. Одночасно з цим олівець 4 самописця, закріплений у нижній частині каретки 3 викреслював на аркуші паперу лінію рівнодійної сили R , яка відхилилася від нормалі, що була проведена з точки O до лінійки 5 на кут тертя φ . Потім з точки O провели нормаль OA , на якій через 100 мм провели перпендикуляр bb_1 до перетину з рівнодійною, на якій позначили точку B та отримали відрізок BA , який у побудованому силовому трикутнику OAB відповідав силі тертя F .

У цьому випадку кут тертя φ і відповідний йому коефіцієнт тертя f визначався із відомого співвідношення [19]:

$$\operatorname{tg} \varphi = f = \frac{F}{N} = \frac{AB}{100} . \quad (3.1)$$

Кожного разу змінюючи кут нахилу лінійки 5 було проведено п'ять експериментів, отримані дані з яких заносилися в наперед заготовлену таблицю й піддавалися обробці та аналізу.

3.4 Методика визначення параметрів процесу подрібнення стрижнів капусти

На процес отримання якісно подрібнених стрижнів капусти під час їх видалення з поля машиною для видалення з поля стрижнів капусти впливають різноманітні чинники, вагомість кожного з яких складно оцінити без проведення значної кількості, іноді досить громіздких і затратних експериментів. Виходячи з цього, намагаються проводити обмежену кількість досліджень, заздалегідь вважаючи, що вагомість окремого конкретного чинника може мати мінімальний вплив, або зовсім не впливати на перебіг будь-якого процесу. Тому обмежимося експериментами, спрямованими на встановлення закономірностей впливу конкретних показників фізико-механічних властивостей стрижнів капусти, параметрів та режимів роботи подрібнювального апарату машини для видалення з поля стрижнів капусти на якість подрібнення стрижнів, накопичених у змінній тарі вказаної машини.

Суть методики полягала у визначенні якості подрібнення стрижнів капусти через оцінювання кількості отриманого подрібненого матеріалу різних фракцій у відношенні до наперед заданої їх довжини подрібнення за відомими подачею (кг/с) стрижнів та обертами подрібнювального барабану (об/хв.) машини для видалення з поля стрижнів капусти.

Для аналізу якості подрібнення стрижнів капусти при кожній повторюваності відбиралися наважки по 1 кг подрібненої маси з тари, в яку її збирали. Потім подрібнені частинки стрижнів і кореневищ розподілялись на різні фракції за довжиною й вимірювались штангенциркулем. Із співвідношення кількості (за масою) частинок стрижнів фракції, розмір якої задавався до інших фракцій (більших та менших) визначався якісний показник.

Експериментальні дослідження проводились у лабораторних умовах з використання стаціонарного подрібнювача рослинних матеріалів для встановлення якості подрібнення стрижнів капусти за відомими подачею (кг/с) стрижнів та обертами подрібнювального барабану (об/хв.) машини для видалення з поля стрижнів капусти.

Серія дослідів базувалась на методиці планування двофакторного експерименту на трьох рівнях [29] з визначенням впливовості окремих чинників на якість отриманої силосної маси.

Результати кодованих факторів, які мають найбільш суттєвий вплив на якість подрібненої стрижнів капусти N (%) представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати кодування факторів з визначення якості подрібнення стрижнів капусти 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
Оберти подрібнювального барабану, об/хв.	n	X_2	100	400	300	200	+1	0	-1
Подача стрижнів, кг/с	δ	X_1	1,0	3,0	2,0	1,0	+1	0	-1

Незалежними змінними виступали – оберти подрібнювального барабану n , об/хв. та подача стрижнів на подрібнення δ , кг/с; функція відгуку – ступінь подрібнення стрижнів капусти N , (%).

Під час дослідів стрижні капусти (рисунок 3.2, а) рівномірним потоком подавалися у горловину подрібнювального апарату, барабан якого обертася і подрібнював стрижні й кореневища капусти, рештки (рисунок 3.2, б) яких накопичувалися в тарі та піддавалися аналізу. Тривалість подрібнення стрижнів капусти під час проведення кожного окремого експерименту приймався однаковим і фіксувався за допомогою секундоміра.



а)



б)

Рисунок 3.2 Стрижні капусти до подрібнення (а) та після подрібнення (б)

Отримані експериментальні дані надалі оброблялись методами математичної статистики на підставі яких було отримано рівняння регресії в кодіваних і дійсних значеннях й проведено їх аналіз.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Коефіцієнт тертя стрижнів капусти по металу

Після проведення і обробки експериментальних даних отримано кінцевий результат, відображений у вигляді таблиці 4.1. Слід зауважити, що експерименти проводились на двох металевих пластинах тертя: виготовлених з інструментальної сталі та виготовлених з нержавіючої сталі.

Для підтвердження достовірності отриманих результатів експериментів проводилась їх статистична оцінка. При цьому першочергово визначалось середнє значення коефіцієнта тертя з п'яти повторностей кожного експерименту за формулою

$$f = \frac{\sum f_i}{n}. \quad (4.1)$$

Середнє квадратичне відхилення кожного дослідження визначалось за формулою

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum (f - f_i)^2}{n-1}}. \quad (4.2)$$

За отриманими значеннями коефіцієнтів тертя визначаємо відповідні їм кути тертя стрижнів капусти, скориставшись формулою:

$$\varphi = \arctg f. \quad (4.3)$$

Усі результати експериментів та виконаних обчислень заносимо в таблиці 4.1 та 4.2 для остаточного їх аналізу.

Таблиця 4.1 – Результати дослідження коефіцієнта тертя стрижнів капусти по металевих пластинах

№	Матеріал пластини	Повторюваність дослідження					Середнє значення, \bar{f}	Середнє квадратичне відхилення
		1	2	3	4	5		
1	Сталь інструментальна	0,55	0,56	0,54	0,55	0,56	0,552	0,016
2	Сталь нержавіюча	0,52	0,53	0,53	0,52	0,54	0,528	0,0084

Таблиця 4.2 – Зведені кути тертя стрижнів капусти об сталіні пластини

№	Матеріал пластини	Кут тертя, град					
		1	2	3	4	5	Середнє значення
1	Сталь інструментальна	29,1	29,4	29,0	29,1	29,4	29,3
2	Сталь нержавіюча	27,7	27,8	27,8	27,7	28,0	27,8

На підставі проведених експериментів та обробки їх даних, відображених у таблицях 4.1 та 4.2 встановлено, що коефіцієнт тертя стрижнів капусти по сталіних пластиних, які можуть застосовуватися на подрібнювальних барабанах машини для вибирання з поля стрижнів капусти змінюється в межах 0,528-0,552, а відповідні їм кути тертя – в межах 27,8-29,3град. в залежності від матеріалу, з якого виготовлена пластини тертя.

4.2 Параметри процесу подрібнення стрижнів капусти

На підставі виконаних експериментальних досліджень встановлено основні фактори, що впливають на параметри процесу подрібнення стрижнів капусти робочими органами машини для видалення з поля стрижнів капусти, а саме оберти подрібнювального барабану n , об/хв. та подача стрижнів на подрібнення δ , кг/с.

Результатами експериментальних досліджень встановлено, що якість подрібненої маси (кількість подрібнених частинок стрижнів капусти відповідної фракції) N (%) становить у дійсних значеннях:

$$N = -13,1240 - 9,041\delta + 2,164n - 0,198 \cdot 10^{-1} \delta n + 0,235\delta^2 - 0,341 \cdot 10^{-2} n^2, \quad (4.4)$$

де N – ступінь подрібнення стрижнів капусти, %;

n – оберти подрібнювального барабану, об/хв.;

δ – подача стрижнів на подрібнення, кг/с.

Після опрацювання експериментальних даних за їх результатами побудовані поверхні відгуку (рисунок 4.1).

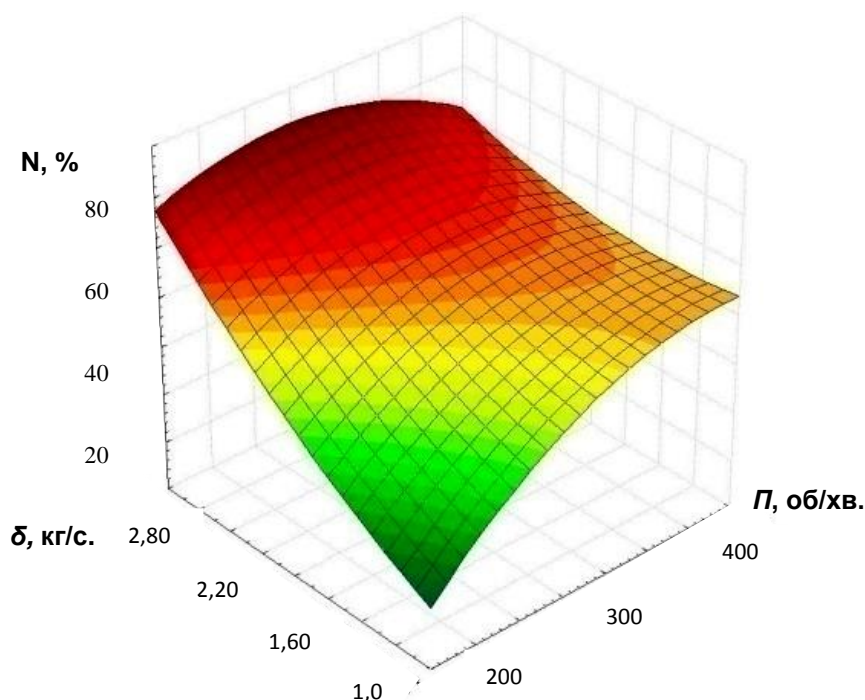


Рисунок 4.1 Залежність ступеня подрібнення стрижнів капусти N (%) від обертів подрібнювального барабану n , об/хв. та подачі стрижнів на подрібнення δ , кг/с.

Експериментальним шляхом встановлено, що підвищення якості подрібнення стрижнів капусти робочими органами подрібнювального барабану машини для вибирання з поля стрижнів капусти з 76,41 до 92,13% на всьому діапазоні зміни обертів подрібнювального барабана, але за подачі стрижнів на подрібнення 2,6-3,0 кг/с.

Низька якість отриманого подрібненого матеріалу спостерігається за малої (1,0-1,6 кг/с) подачі стрижнів на подрібнення та низьких обертів подрібнювального барабана (в межах 200 об/хв.).

Таким чином, експериментами встановлено, що висока якість подрібнення стрижнів капусти можлива за збільшеної подачі стрижнів на подрібнення та високих обертах подрібнювального барабану машини для видалення з поля стрижневої капусти.

Висновки

1. На основі проведених експериментів встановлено, що коефіцієнт тертя стрижнів капусти по сталених пластинах, які можуть застосовуватися на подрібнювальних барабанах машини для вибирання з поля стрижнів капусти змінюється в межах 0,528-0,552, а відповідні їм кути тертя – в межах 27,8-29,3 град. в залежності від матеріалу, з якого виготовлена пластина тертя.

2. На основі отриманих закономірностей (див. рисунок 4.1) встановлено, що підвищення якості подрібнення стрижнів капусти робочими органами подрібнювального барабану машини для вибирання з поля стрижнів капусти з 76,41 до 92,13% на всьому діапазоні зміни обертів подрібнювального барабана, але за подачі стрижнів на подрібнення 2,6-3,0 кг/с.

3. Низька якість отриманого подрібненого матеріалу спостерігається за малої (1,0-1,6 кг/с) подачі стрижнів на подрібнення та низьких обертів подрібнювального барабана (в межах 200 об/хв.).

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Складання карти умов праці під час вибирання з поля стрижнів капусти

В умовах сьогодення під час виробництва будь-яких матеріально-технічних засобів на організм виконавців мають вплив різноманітні фактори, основні з яких – технічні та біологічні. Для складних виробництв або важких і специфічних умов праці це ще й антропогенні фактори. Їх негативний вплив на організм людини може проявлятися не одразу, а тому небезпечною є їх післядія. Щоб запобігти майбутнім проявам і загрозам життю та здоров'ю людини й прогнозувати виникнення цих факторів, слід провести паспортизацію кожного робочого місця [9, 18].

Метою паспортизації санітарно-технічного стану робочого місця на першому етапі є огляд, дослідження та виявлення усіх можливих виробничих небезпек. Наступним кроком є розроблення проектів та прийняття дієвих інженерно-технічних і організаційних рішень, спрямованих на створення на конкретному робочому місці (відділку, цеху) безпечних і нешкідливих умов праці. Відповідно до типової ієрархічної структури виробництва одиничним його елементом вважається окреме робоче місце. На ньому найбільш активно проявляються всі небезпечні і шкідливі фактори, що діють на працівника. Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, де представлені основні фактори безпеки за трьома напрямками факторів безпеки: трудовому, санітарно-гігієнічному і технічному [9, 16].

Карта умов праці передбачає виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих факторів, в також причин їх виникнення; дослідження основних санітарно-гігієнічних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового (виробничого) процесу, комплексне оцінювання факторів виробничого середовища та характеру праці робітника на відповідність їх вимогам законодавству, стандартів, типових норм та правил; обґрунтування класифікації робочих місць відповідної з категоріями шкідли-

вих умов праці, обґрунтоване підтвердження (встановлення) права робітників (працівників) на пільгове пенсійне забезпечення або інші пільги залежно від умов праці [16].

Карта умов праці на робочому місці становить основу санітарно-технічного паспорту кожної окремої ланки виробництва.

Паспорт виробництва складається з паспортів усіх діляниць, відділень, цехів, окремих робочих місць, а також містить додаткову характеристику засобів загальногосподарського користування, інформацію про об'єкти колективного захисту. Кожний головний спеціаліст за своїм напрямком роботи організовує обстеження умов праці, вивчає стан технічної безпеки в підпорядкованій йому галузі. Значно зменшити об'єми робіт під час паспортизації типових робочих місць можна шляхом їх групування.

За гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначаються фактори умов праці на робочому місці для яких встановлюються гранично допустимий рівень або гранично допустима концентрація (ГДР, ГДК) згідно нормативних документів. Перелік факторів та їх нормативи заносимо у відповідні графи 1, 2 та 3 таблиці 5.1.

Складаємо карту умов праці робочого місця працівника під час вибирання з поля стрижнів капусти, виконавши при цьому розрахунки окремих коефіцієнтів.

Коефіцієнт нормозабезпеченості визначаємо за формулою [9]

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

де A_g – фактичне значення умов праці;

A_n – гранично допустимий рівень або концентрація.

Коефіцієнт небезпечності від дії окремого фактора можна визначити з виразу:

$$K_{df} = K_n \cdot T_{df}, \quad (5.2)$$

де T_{df} – час дії фактора у частках тривалості зміни.

Коефіцієнт небезпечності від усіх небезпечних факторів становить:

$$K = \frac{K_{\text{оф}}}{n}, \quad (5.3)$$

де n – кількість факторів, що характеризують умови праці.

Під час складання умов праці на робочому місці кожного працівника використовуємо дані таких нормативних документів:

- ДСТУ 12.1.003-83 – Шум. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 12.1.005-86 – 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 механізованого вибирання з поля стрижнів капусти

Фактори умов праці	Нормативне значення фактора		Фактичне значення фактора умов праці, A_B	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, $T_{\text{дф}}$	Від дії фактора, $K_{\text{дф}}$	Від усіх факторів, K
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Рівень шуму	80 дБ	ДСТУ 12.1.009-83	85 дБ	1,06	8	0,8	0,85	
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	0,88	
3. Температура повітря (протягом року)	Відкриті території, від –25 °С до +25,8 °С	ДНА ОП 0.00-1*	–14 °С; +22 °С	0,85	8	0,8	0,68	

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4. Пари нафтопродуктів	100 мг/м ³	ДСТУ 12.1.0 05-86	107 мг/м ³	1,1	8	0,8	0,88	
5. Сенсорні навантаження:								
5.1. Щільність сигналів	75%	ДНА-ОП 0.00-1*	80%	1,1	8	0,8	0,88	
5.2. Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження	5%	ДНА ОП 0.00-1*	6%	1,2	8	0,8	0,96	
6. Робоча поза	Вільна	ДНА ОП 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 працівника вибирання з поля стрижнів капусти дещо перевищують граничні показники, регламентовані відповідними нормативними документами. Особливо шкідливими є вібраційні фактори, пов'язані з технологічним процесом взаємодії активних робочих органів (бітерних очисників та подрібнювального барабана) з стрижнями капусти, які генеруються через систему приводів, зокрема карданні і пасові передачі та конічні редуктори.

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

5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

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

Для того щоб оцінку рівня небезпек конкретного об'єкта або явища запровадити на виробництві, необхідний простий та доступний метод обчислення значень ймовірності будь-кого випадкового явища (величини) [9]. Основні принципи цього методу базуються на основі обстеження робочого місця чи окремої машини, де виявляють виробничі небезпеки, можливі (прогнозовані) аварії або травмонебезпечні ситуації. Оцінюючи ситуації, визначають події, які можуть бути головними.

Після вибору головної події розпочинають побудову імітаційної моделі. Використовуючи оператори „і” та „або”, моделюють набір ситуації, які під час експлуатації об'єкта, можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна. Після визначення відповідних аварійних, травмонебезпечних (катастрофічних) ситуацій та їх кількості, логічним аналізом із використанням операторів „і”, „або”, визначають інші можливі події, що входять до кожної такої ситуації. Процес побудови моделі триватиме до пошуку усіх базових подій, що визначають межу моделі [9].

Повністю побудована модель обробляється математично для визначення ймовірності кожної випадкової події, що є елементом усієї моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Для визначення ймовірності встановлюють наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль. Якщо буде встановлено, що рівень контролю становить 50 або 30%, то ймовірність відповідно дорівнюватиме 0,5 і 0,3. За відсутності контролю ймовірність є максимальною (становить 1), якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0 [9].

1. Якщо дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „і” входять у наступну третю подію, то 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 визначають з виразу

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

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

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

4. Якщо дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „або” входять до третьої події, то ймовірність P_3 буде становити

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

5. Нехай оператор „або” об’єднує три базові події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 , які за допомогою нього входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна обчислити 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 й більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події, застосовуючи вищенаведені формули. Після встановлення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення. Розрахунки проводимо до того часу, аж поки не залишаться дві або три події, над якими слід провести ті ж операції [9].

Так, поступово обчислюючи ймовірність вихідних випадкових подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події та вираховуємо ймовірність її виникнення.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, нажаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для конкретної людино-машинної системи, через їх відсутність. Але отримане

значення ймовірностей тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі (зокрема малогабаритного кушоріза), дає уяву про рівень небезпеки – високий, середній або незначний.

Для проведення обчислень ймовірності травми на робочому місці під час технічного обслуговування гідроприводу робочих машини для видалення з поля стрижнів капусти, використовуючи логіко-імітаційну модель процесу її формування (рисунок 5.1), отримуємо:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

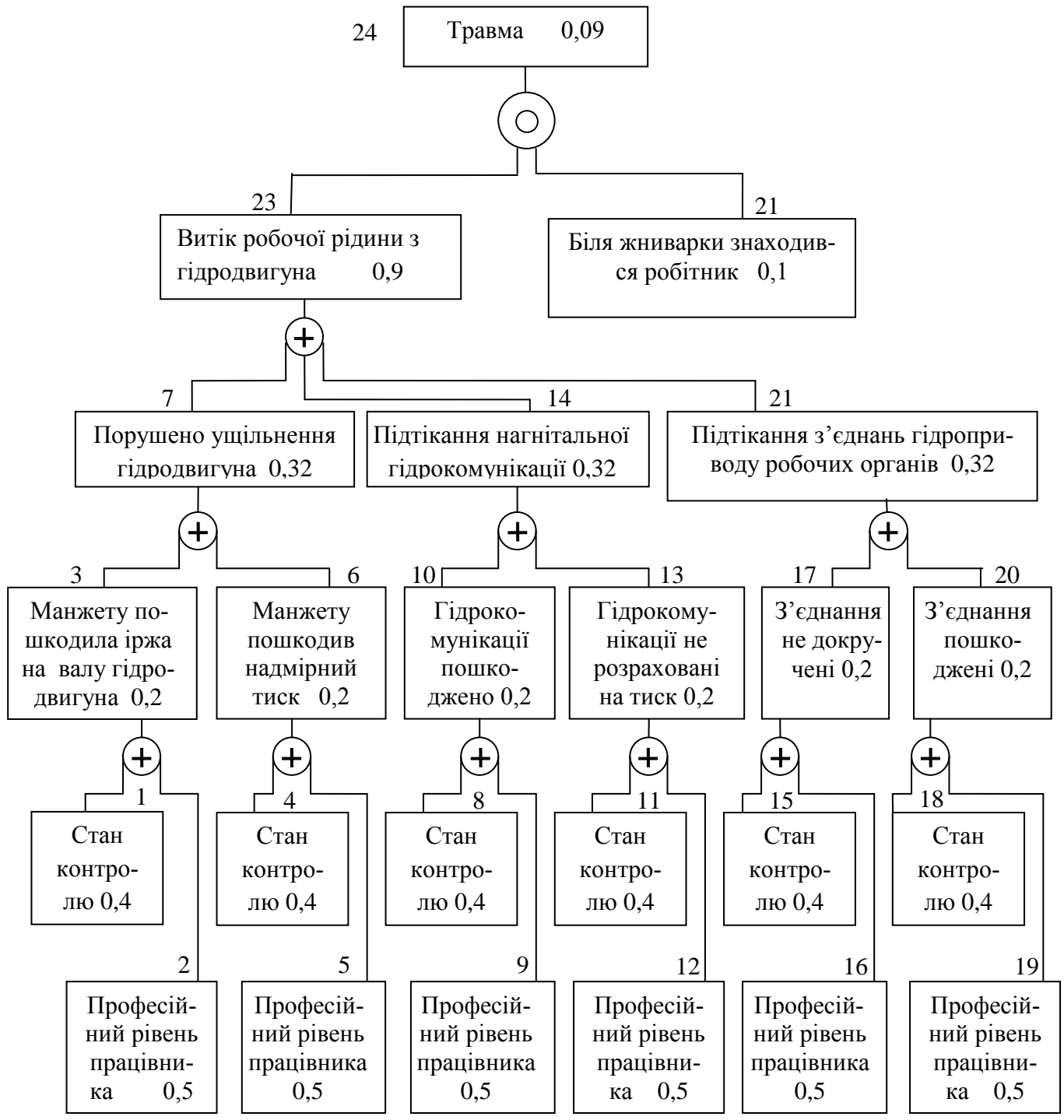
$$P_{23} = P_7 + P_{14} + P_{21} - P_7 \cdot P_{14} \cdot P_{21} = 0,9.$$

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

Таким чином, на робочому місці під час технічного обслуговування гідроприводу робочих органів машини для видалення з поля стрижнів капусти за наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,0 травм.

Якщо негайно усунути зазначені недоліки (підвищити професійний рівень робітників, поліпшити контроль та замінити пошкоджені елементи гідроприводу), то можна побачити на імітаційній моделі, шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки, відповідно, до 1.

Слід мати на увазі, що на даному робочому місці є й інші недоліки, які можуть призвести до травм з інших причин.



Оператори:

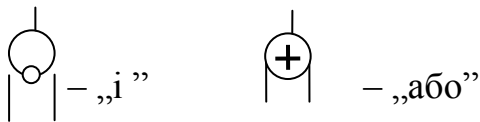


Рисунок 5.1 Схема логіко-імітаційної моделі процесу виникнення травм при технічному обслуговуванні гідроприводу робочих органів машини для видалення з поля стрижнів капусти:

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

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження виникнення можливих 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, необхідно уважно вивчити і побудувати логіко-імітаційні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани робочого обладнання на робочому місці, а також поведінку працівника (оператора) і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ МАШИНИ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ З ПОЛЯ СТРИЖНІВ КАПУСТИ

Основними техніко-економічними показниками роботи машини для видалення з поля стрижнів капусти є прямі питомі експлуатаційні затрати, витрата палива, продуктивність та затрати праці [22, 26].

Прямі питомі експлуатаційні затрати визначаються за формулою

$$I = Z_n + A + R + П + Z_{зб}, \quad (6.1)$$

де Z_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;

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

Відрахування на зарплату визначаються з виразу

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

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.

Визначаємо годинну продуктивність агрегату за формулою:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (6.3)$$

де τ – коефіцієнт використання часу зміни, що визначається за формулою:

$$\tau = T_p / T_{зм}, \quad (6.4)$$

Чистий робочий час в загінці:

$$T_p = \varphi (T_{зм} - T_{зуп}), \quad (6.5)$$

де $T_{зм}$, $T_{зуп}$ – відповідно тривалість зміни та зупинок з працюючим двигуном, год.;

Амортизаційні відрахування всіх складових агрегату визначаються з виразу:

$$A = \Sigma (B_i a_i / (W_{зм} T_{ф.р.i})), \quad (6.6)$$

де B_i – балансова вартість i -ої складової агрегату та допоміжного обладнання (машини для видалення з поля стрижнів капусти), грн.;

a_i – коефіцієнт відрахувань на реновацію усіх складових агрегату;

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

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування визначаються за формулою

$$R = \Sigma (B_i (p_i + \kappa_i) / (W_{зм} T_{н.р.i})), \quad (6.7)$$

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;

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

Вартість паливно-мастильних матеріалів можна визначити з виразу

$$П = QЦ / W_{зм}, \quad (6.8)$$

де Q – витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/год:

$$Q = \frac{G_{зм}}{W_{зм}} = \frac{G_p T_p + G_x T_x + G_3 T_3}{0,1 B_p V_p T_{зм} \tau}, \quad (6.9)$$

де G_p, G_x, G_3 – годинна витрата палива двигуном відповідно при роботі з навантаженням, на холостому ходу агрегату та роботі двигуна на зупинках, кг/год;

T_p, T_x, T_3 – час роботи агрегату, який визначають залежно від умов роботи, 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 ремонти і технічне обслуговування, тобто

$$З_{зб} = 0,065 R. \quad (6.10)$$

Затрати праці на виконання операції знищення кущової рослинності

$$З_{зб} = П_о / W_{зм}, \quad (6.11)$$

де P_o – чисельність обслуговуючого персоналу, чол.

Вихідні дані для проведення досліджень техніко-економічних показників використання машини для видалення з поля стрижнів капусти вибирались на основі найсприятливіших умов його використання. Ціни на техніки вибирались на 1.09 2023 р. [28]. Годинні тарифні ставки обслуговуючого персоналу визначались з умови отримання середньої заробітної плати в межах 15500 грн/місяць.

Результати розрахунків техніко-економічних показників використання машини для видалення з поля стрижнів капусти зводимо в таблицю 6.1 для остаточного аналізу.

Таблиця 6.1 – Техніко-економічні показники використання машини для видалення з поля стрижнів капусти

Показники	КИЙ 14820 + дворядна машина для видалення стрижнів капусти
Продуктивність годинна, га/год.	0,6
Витрата палива, кг/га	22,30
Прямі затрати, грн./га на:	
- оплати праці	310,83
- паливно-мастильні матеріали	1338,0
- ТО, поточний і капітальний ремонт	2668,89
- реновацію	1888,89
- затрати на зберігання	173,48
- всього прямих затрат	6380,09
Затрати праці, люд. год/га	1,09

Як видно з проведених розрахунків годинна продуктивність агрегату для вибирання з поля стрижнів капусти у складі трактора КИЙ 14820 та дворядної машини становить 0,6 га/год. При цьому сума прямих питомих експлуатаційних затрат складає 6380,09 грн/га, а затрат праці – 1,09 люд. год./га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Подрібнювальні апарати доволі широко використовуються у сучасній сільськогосподарській техніці, машинах для подрібнення деревини, каміння, нерудних матеріалів тощо; їх вибір обумовлюється специфікою проведення певного виду робіт, а тому розміри, форма та принцип дії таких апаратів доволі різноманітний.
2. У переважній більшості сучасних кормо- силосозбиральних комбайнах (машинах) застосовують барабанні або дискові подрібнювальні апарати.
3. На сьогоднішній день в розробленій машині для вибирання з поля стрижнів капусти пропонується встановити барабанний подрібнювач, параметри якого та режими роботи передбачається дослідити в дипломній роботі.
4. На підставі теоретичних досліджень встановлено, що ефективність різання з подрібнення стрижнів капусти підвищуватиметься, якщо подрібнювальний барабан машини для видалення з поля стрижнів капусти обладнати ножами, здатними здійснювати різання рослин із одночасним ковзанням.
5. Згідно теоретичних досліджень встановлено, що діаметр подрібнювального барабану машини для видалення з поля стрижнів капусти має становити не менше 0,40 м для забезпечення умови подрібнення стрижнів капусти й одночасного винесення подрібненої маси із зони подрібнення.
6. На підставі виконаних теоретичних досліджень встановлено, що для ефективної роботи подрібнювального барабану машини для видалення з поля стрижнів капусти потужність його приводу має становити не менше 5,2кВт, а кількість ножів на ньому не повинна бути меншою за 8 штук.
7. На основі проведених експериментів встановлено, що коефіцієнт тертя стрижнів капусти по сталених пластинах, які можуть застосовуватися на подрібнювальних барабанах машини для вибирання з поля стрижнів капусти змінюється в межах 0,528-0,552, а відповідні їм кути тертя – в межах 27,8-29,3 град. в залежності від матеріалу, з якого виготовлена пластина тертя.

8. На основі отриманих закономірностей (див. рисунок 4.1) встановлено, що підвищення якості подрібнення стрижнів капусти робочими органами подрібнювального барабану машини для вибирання з поля стрижнів капусти з 76,41 до 92,13% на всьому діапазоні зміни обертів подрібнювального барабана, але за подачі стрижнів на подрібнення 2,6-3,0 кг/с.
9. Низька якість отриманого подрібненого матеріалу спостерігається за малої (1,0-1,6 кг/с) подачі стрижнів на подрібнення та низьких обертів подрібнювального барабана (в межах 200 об/хв.).
10. Проведеними розрахунками годинна продуктивність агрегату для вибирання з поля стрижнів капусти у складі трактора КИЙ 14820 та дворядної машини становить 0,6 га/год. При цьому сума прямих питомих експлуатаційних затрат складає 6380,09 грн/га, а затрат праці – 1,09 люд. год./га.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Білецький П.М., Роман І.С. Овочівництво і плодівництвом. Київ: Вища школа, 1998. 448 с.;
2. Бральний апарат машини для видалення з поля стрижнів капусти: пат. 137163 Україна: МПК А01В 41/04. № и 201902660; заявл. 19.03.19. опубл. 10.10.19. Бюл. №19;
3. Булгаков В.М. Розробка конструктивної схеми і теоретичне обґрунтування ротаційного різального апарата гичкозбиральної машини. *Техніка АПК*. 2005. № 10-11. С. 30-33.
4. Булгаков В.М. Теорія гичкозбиральної машини роторного типу. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 2. С. 60-64.
5. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко В.В., Дубровін В.О., Онищенко В.Б., Волянський М.С., Мартишко В.М., Погорілець О.М., Ямков О.В., Барановський В.І., Щевченко В.І., Борхаленко Ю.О. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 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. Войтюк Д.Г., В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
8. Комбінований подрібнювач післяжнивних решток грубостеблових культур: пат 95135 Україна: МПК А01В 33/00. № и 201407365; заявл. 01.07.14; опубл. 10.12.14. Бюл. №23;
9. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. та ін. Основи охорони праці. Київ : Основа, 2000. 416 с.
10. Машина для вибирання з поля стрижнів капусти: пат. 147731 Україна: МПК А01В 43/00. № и 202007636; заявл. 30.11.20, опубл. 09.06.21. Бюл. №23;

11. Машина для видалення з поля стрижнів капусти: пат: 137178 Україна: МПК А01В 43/00. № и 201902928; заявл. 25.03.19. Опубл. 10.10.19. Бюл. №19;
12. О. Говоров, С. Дудак, В. Вольський. Аналіз конструкцій подрібнювача рослинних решток. *Збірник наукових праць Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. 2008. №12. Т.1. С. 422-425;
13. Піскунов В.Т. Опір матеріалів з основами теорії пружності й пластичності: підр. у 2 ч., 5 кн. Київ : Вища школа, 1995. 216 с.
14. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ : Техніка, 2004. 512 с: іл.
15. Петриченко В., Лихочвор В.В. Рослинництво. Львів; НВФ «Українські технології» 2014. С. 326.
16. Пістун І.П., Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П. Охорона праці (гігієна та виробнича санітарія) Львів «Тріада плюс», 2015. 224 с.
17. Подрібнювач післяжнивних решток грубостеблових культур. пат: 95126 Україна. МПК А01В 33/00. № и 201407335; заявл. 01.07.14, опубл. 10.12.14. Бюл. №23;
18. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Сторожук В.М. та ін; за ред. Жидецького В.Ц. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
- 19.Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини: Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів: ЛДАУ. 1998. 264 с.
- 20.Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т1. Київ. Агроосвіта, 2012. 584 с.; іл.
- 21.Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. У 2 т.: Т2. Київ. Агроосвіта, 2012. 432 с.; іл.

22. Сидорчук О.В. Інженерний менеджмент в АПК. Львів: Львів. держ. агр. ун-т, 2005. - 87с.

23. Семен Я.В., Крупич О.М., Лисак Г.А., Крупич С.О. Машина для прибирання з поля стрижнів капусти. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі»* ТДАТУ, м. Мелітополь. 2022 р. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/semen-22.pdf> (Запоріжжя. 01-25 листопада 2022 р.)

24. Семен Я.В. Машина для видалення з поля кореневищ капусти. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: каталог інноваційних розробок ЛНАУ*. 2020. Вип. XX. С. 50;

25. Семен Я.В., Крупич О.М. Машина для видалення з поля стрижнів капусти. *12-а міжнародна научна практична конференція “Будецимте дослідження”*. Том 9. Екологія. Географія і геологія. Зданье и архітектура. Селско стопанство. Ветеринарна наука. Софія. „Бял ГРАД-БД” ООД. 2016. С. 54-57.

26. 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.

27. Технологія вирощування білоголової капусти. URL: www3.syngenta.com/.../Kapusta/.../tehnologiya_bilogolova_kapusta.aspx.

28. Трактор КИЙ 14820. Електронний ресурс: URL: <https://traktor-trade.com.ua/traktora/traktor-kij-14820/>.

29. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Київ : НМК ВО, 1992. 320 с.