

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технології подрібнення рослинних залишків
з розробкою мульчувача

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-41

спеціальності

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Бугера С.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Бугері Степану Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології подрібнення рослинних залишків
з розробкою мульчувача

Керівник роботи Сташків М.Я., к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» січня 2023 року № 4/7-35

2. Термін подання студентом завершеної роботи 05.06.2023

3. Вихідні дані до роботи агротехнічні вимоги до подрібнення рослинних залишків;
типовий технологічний процес подрібнення рослинних залишків; базова конструкція
мульчувача

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

Вступ. 1. Аналіз об'єкту дослідження

2. Технологічна частина

3. Проектна частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки. Перелік посилань

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Окіпний І.Б., к.т.н., зав. каф.</i>		

7. Дата видачі завдання 23.01.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз об'єкту дослідження</i>	<i>15.03.2023</i>	
2	<i>Технологічна частина</i>	<i>05.05.2023</i>	
3	<i>Проектна частина</i>	<i>25.05.2023</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>01.06.2023</i>	

Студент

_____ (підпис)

Бугера С.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сташків М.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра стосується удосконалення технологічного процесу подрібнення та розкидання рослинних залишок по полю начіпним мульчувачем.

Кваліфікаційна робота складається з таких розділів.

Вступ. Зазначено, що подрібнення та рівномірне розподілення рослинних залишок по поверхні поля збагачує ґрунт поживними речовинами і забезпечує процес гуміфікації підвищуючи родючість поля.

Аналіз технологій та машин для подрібнення рослинних залишків. Проведено аналіз технологій переробки незернової частини врожаю та аналіз конструкцій машин для подрібнення рослинних залишок. Описано конструкцію об'єкту дослідження.

Обґрунтування технологічного процесу подрібнення рослинних залишків. Обґрунтовано спосіб різання та основні конструктивні зміни у машині: нову конструкцію та спосіб кріплення ножа, кількість ножів та їх розташування на роторі мульчувача. Розроблено модель вузла кріплення ножа мульчувача до ротора та проведено його дослідження.

Проектування вузлів та елементів мульчувача. Проведено розрахунок зусиль та напружень у болтовому з'єднанні, розрахунок вала ротора мульчувача на згин, розрахунки ротора на міцність, розрахунок підшипника на валу, розрахунок пасової передачі, розрахунок опорних коліс мульчувача.

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Розглянуто акти з охорони праці; подано загальні вимоги техніки безпеки при роботі мульчувача.

У висновках підсумовано результати досліджень, проведених у кваліфікаційній роботі.

Об'єм кваліфікаційної роботи: графічна частина складається із 10 слайдів формату А4; розрахунково-пояснювальна записка містить 58 с. машинописного тексту, 20 рисунків, 2 таблиці, 21 позицію у переліку посилань.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ РОСЛИННИХ ЗАЛИШКІВ.....	7
1.1. Аналіз технологій переробки рослинних залишків.....	7
1.2. Стан механізації збирання урожаю зернових культур.....	11
1.3. Аналіз конструкцій машин для подрібнення залишків рослин.....	14
1.4. Опис конструкції об'єкту розробки	18
2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ РОСЛИННИХ ЗАЛИШКІВ	22
2.1. Обґрунтування змін у конструкції мульчувача	22
2.2. Обґрунтування способу різання	23
2.3. Обґрунтування валу ротора мульчувача.....	31
2.4. Обґрунтування антифрикційної втулки.....	33
3. ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ МУЛЬЧУВАЧА.....	37
3.1. Розрахунок зусиль та напружень у болтовому з'єднанні	37
3.2. Розрахунок вала ротора мульчувача на згин.....	38
3.3. Розрахунок підшипника на валу.....	40
3.4. Розрахунок пасової передачі.....	42
3.5. Розрахунок опорних коліс мульчувача.....	46
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	48
4.1. Нормативно-правові акти з охорони праці.....	50
4.2. Вимоги безпеки при роботі мульчувача польового.....	50
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	56
ДОДАТКИ.....	58

ВСТУП

В останні роки аграрний сектор нашої країни зіткнувся із значною втратою родючості ґрунтів. Це можна пояснити виснаженням родючого потенціалу ґрунту без належного відновлення. Ефективність утворення гумусу залежить від органічних речовин, яких не вистачає в більшості агротехнічних прийомів. Щоб вирішити цю проблему, фермери як добриво використовують соломку. Це передбачає подрібнення соломи, розподіл її по ґрунту та подальше заорювання з метою підвищити родючість ґрунту та сприяти кращим сільськогосподарським результатам.

За діючої системи господарювання соломку скиртували з подальшим використанням її для згодовування та підстилки худобі. Для зернозбиральних комбайнів не ставилося завдання зрізання та розподілу соломи по поверхні поля. Натомість їхня мета полягала в тому, щоб вивантажувати зібране зерно з бункера на купу або смугу в тому ж напрямку, що й процес збирання. Історично склалося так, що фермери не потребували соломи і часто спалювали її. При спалюванні соломи утворюється зола, яка містить вапно, фосфор та інші необхідні речовини, тоді як азот виділяється в атмосферу. Процес горіння, однак, руйнує верхній шар родючого ґрунту, що відомий як гумус і утворюється в результаті складного процесу. Зараз рекомендується соломку не спалювати, а подрібнювати та розкидати по поверхні поля. Така практика збагачує ґрунт поживними речовинами та сприяє процесу гуміфікації, що підвищує загальну родючість ґрунту [16].

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва потребує постійного оновлення, вдосконалення техніки, збільшення її продуктивності, потужності, надійності і довговічності, забезпечення більш комфортної роботи.

Успішне вирішення цих задач потребує використання передових наукових і технологічних досягнень на різних етапах проектування, експериментальних досліджень, виробництва та експлуатації.

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ РОСЛИННИХ ЗАЛИШКІВ

1.1. Аналіз технологій переробки рослинних залишків

До рослинних залишків відноситься наземна частина зернових рослин, що залишається після видалення зерна. До соломи прийнято відносити крупні частини стебел і листя, а до полови - частини колоса, тобто стержні, плівки, дрібні частки листя. До полови відносять і жмих (коротку солому), що подається після молотильного апарату і соломотряса із зерновим ворохом на очищення. Незернова частина врожаю (НЧВ) може містити невелику кількість домішок зерна, забруднень, органічних і мінеральних часток. При роботі зернозбирального комбайна, ту частину обмолоченої маси, яка сходить з соломотряса молотарки, називають соломою, а частину маси, що сходить з решітного стану молотарки, – половиною. Якщо вважати строго, то до полови відноситься лише легка частина вороха, яка видувається потоком повітря вентилятора очищення.

Співвідношення виходу соломи і полови залежить від типу молотильного апарату і режиму його роботи, типу і параметрів соломотряса, сорту обмолочуваної культури, вологості тощо. За певних умов вихід полови досягає 50% від НЧВ, а в середньому він складає 20...25% (таблиця 1.1).

НЧВ отримують в основному при вирощуванні п'яти тонкостеблових зернових культур: пшениці, ячменю, жита, вівса і рису.

Таблиця 1.1

Склад вороху хлібних злаків в % по вазі

Культура	Зерно	Солома	Жмих	Полова
Жито	20-35	50-60	5-10	5-10
Пшениця	25-30	30-40	10-18	8-15
Овес	25-35	30-45	8-12	12-18
Ячмінь	35-60	20-35	14-23	6-15

У світі вирощується пшениці, рису, ячменю, вівса і жита приблизно (тис. га): 228169; 140880, 91504, 31644 і 15021. Лише ці п'ять культур дають приблизно 750 млн. т сухої речовини в рік у вигляді рослинних залишків при відношенні не зернової частини до зерна 1:1.

Довжина житньої соломи може досягати 180 см і вище, а пшенична і ячмінна значно коротша. Довжина рисової соломи може доходити до 150 см і вище. Маса соломи на одиницю довжини може варіювати від сорту до сорту на 35%. Відмітна властивість НЧВ всіх зернових культур - це опір ущільненню, що істотно впливає на економічні показники при її прибиранні, перевезенні і зберіганні.

Недоброякісною вважається солома, яка більш ніж 10% є гнилою, горілою, запліснявілою, із затхлим запахом і обледенілою. При цьому наявність отруйних трав не повинна перевищувати 1%, а запилена і забрудненість не виходити за межі 2%. Стан соломи і половини залежить від власної їх вологості, роси і атмосферних опадів. При прибиранні і зберіганні соломи вологість має вирішальне значення. За стандартом солома, що містить вологу до 14% називається сухий, від 14 до 16% - середній вологості, від 16 до 20% - вологою і понад 20% - сирий. Солома володіє високою вологоємкістю. НЧВ зернових колосових має здатність добре зберігатися при 15...20% вмісті вологи. При вищій вологості мікроби, бактерії і грибки швидко розмножуються в соломі, різко погіршуючи її кормові якості. Якщо солома має вологість 25...30%, то вона стає міцною, еластичною і легко намотується на частини робочих органів, що обертаються, при цьому з'являються труднощі її захвату робочими органами.

Цілісна солома, укладена в копиці або скирти, має велику силу зчеплення унаслідок чого скирти і копиці мають значну стійкість проти вітру в порівнянні скиртами з подрібненої соломи. Через шість місяців зберігання соломи в скирті об'ємна вага її збільшується на 40...50% для цілісної соломи і подрібненою на 25...30%. Солома з половиною відносяться до грубих або

об'ємних кормів. Об'ємна вага сухої соломи без ущільнення складає 13... 15 кг/м³, а полови 30...40 кг/м³. При подрібненні сухої соломи з подачею її у великовантажні ємності за допомогою вентилятора об'ємна вага її складає 35...40 кг/м³, а при її транспортуванні відбувається додаткове ущільнення за рахунок трясіння до 20...30% від первинного об'єму.

Таким чином, подрібнення соломи дозволяє збільшити її об'ємну вагу приблизно в 3 рази, що створює передумови до економічного її транспортування. Солома і полова широко використовуються як грубий корм, застосовуються також для підстилки і для інших цілей.

Хімічний склад НЧВ зернових культур складний і до цих пір вивчений не повністю. НЧВ включає в основному три групи органічних сполук: целюлозу, геміцелюлозу і лігнін. Крім того, НЧВ включає в невеликих кількостях інші органічні з'єднання, наприклад, білок, віск, цукор, солі і нерозчинну золу. Зола включає кремнезем, яка затуплює ріжучі елементи, знижує перетравність, погіршує процеси варки целюлози і гальмує горіння. Якщо узяти 1 кг сухої соломи і зерна, то по калорійності вони рівноцінні, але енергетичний потенціал їх тваринами використовується по різному, оскільки кормова ефективність перетравність приблизно в п'ять разів нижче за зерно. За даними ряду авторів [20] перетравність органічної речовини соломи коливається від 35 до 49%.

З метою поліпшення живильної цінності соломи, розроблені і перевірені на практиці ряд способів, які можна розділити на дві групи: перша направлена поліпшення смакових якостей, друга забезпечує підвищення поживності соломи і використання соломи як добриво.

До першої групи відносяться такі способи, як подрібнення, зволоження, помел, запарювання, змішування і присмачення іншими більш живильними кормами. До другої групи відносяться хімічні і біологічні способи використання у господарстві. Обробка соломи розчинами лугів і кислот, дія високих температур і тиску (баротермічна обробка) дозволяють значно

підвищити її споживчу здатність та поживність [20]. Для цієї мети використовують аміачну воду і рідкий аміак, каустичну і кальциновану соду, вапно, сірчану і соляну кислоти. При дії аміаку на соломі її полісахаридів відриваються ацетилові групи, вони, вступаючи у взаємодію з аміаком утворюють оцтовокислий амонії, який краще чим, наприклад, сечовина може заповнити недолік протеїну і цукру в раціоні жуйних тварин.

НЧВ використовується також для наступних цілей:

- траншеях і кагатах сільськогосподарських продуктів, малостійких проти морозів;
- як сировина для виробництва вуглеводно-білкового корму;
- як сировина для целюлозно-паперової промисловості;
- як енергетичне паливо, наприклад, в газогенераторних установках;
- як будівельний матеріал (дахи будинків, стінний матеріал у вигляді пресованих плит і так далі);
- як побутове паливо та ін.

З давніх часів НЧВ цінувалася як корисний побічний продукт виробництва зерна. Проте в останні десятиліття інтерес до неї знизився і з'явилися надлишки соломи. Основні причини цього явища:

- широке використання нафтопродуктів і природного газу;
- витіснення тяглових тварин мобільними машинами;
- витіснення гною синтетичними добривами;
- застосування способів безпідстилкового утримання тварин, внаслідок значних трудовитрат на роботу з підстилковим гноєм;
- концентрація механізованого виробництва зернових культур в окремих районах і витіснення тваринництва в інші райони.

Створилася ситуація, коли НЧВ стали розглядати як небажану перешкоду без врахування того, що на неї доводиться близько половини сухої речовини урожаю. Тоді як світ марнотратно витрачає свої обмежені запаси

викопних вуглеводнів, що щорік поновлюється джерела енергії (НЧВ) в більшій частині втрачається або використовується не раціонально.

З початку сімдесятих років ХХ століття в багатьох країнах світу спостерігається новий підхід до оцінки НЧВ як корму і побічного продукту. В даний час розгорнуті широкі наукові дослідження по підвищенню живильної цінності НЧВ і використанню її для промислової переробки. Мета цих досліджень - скоротити витрату зерна на кормові потреби.

1.2. Стан механізації збирання урожаю зернових культур

Технічні труднощі, що виникають при розробці і впровадженні у виробництво ефективних технологій, комплексів машин і технічного забезпечення для збирання НЧВ, в основному полягають в низькій транспортабельності солом'яних продуктів, об'ємна маса яких приблизно в 40 разів менше зерна. Крім того, період збирання НЧВ вельми короткий і мінливий по погоді, НЧВ розосереджена на великих площах, а закупівельні ціни у неї у декілька разів нижче за сіно.

Слід зазначити, що велика частина робіт учених була присвячена проблемам зрізу, обмолоту і сепарації зернових культур, а також енергетики і автоматизації процесів. У значно меншій мірі досліджувалася і розроблялася проблема раціонального збирання і використання НЧВ.

Технологічні схеми і технічні засоби для збирання НЧВ удосконалюються по чотирьох напрямках:

- 1) збирання НЧВ в цілісному вигляді; .
- 2) збирання НЧВ в подрібненому вигляді;
- 3) збирання НЧВ в пресованому вигляді;
- 4) окремий збір полови в процесі комбайнового збирання зернових.

Конструктивне рішення кожного їх цих напрямів знайшло віддзеркалення в створенні цілого ряду технічних засобів і комплексів машин [20] для збирання і подрібнення соломи з одночасним розкиданням її на поля як добрива і т.д.

Збирання НЧВ в цілісному вигляді характеризується застосуванням двох технологій – стогової і валкової. Копицева технологія [20] базується на застосуванні зернозбиральних комбайнів, що забезпечують укладання на полі збирання їх за допомогою тракторних волокуш, стоговозів, стоговозів і інших машин. Копицева технологія має ряд переваг та недоліків. НЧВ після копичника укладається в невеликі копиці масою 100...150 кг, при цьому технологічний процес оформлення копни такий, що половина зосереджується в нижній її зоні, а при вивантаженні копиці половина висипається на ґрунт і в подальшому практично повністю втрачається при підбиранні копиць соломозбиральними машинами. До переваг цієї технології слід віднести забезпечення високої продуктивності зернозбирального комбайна (порівняно з потоковою технологією) і відсутність зв'язку між збиранням зерна і соломи. В той же час даний спосіб збирання має ряд негативних властивостей, небажаних з точки зору агротехніки і забезпечення тваринництва якісними грубими кормами. Перш за все, повністю втрачається найбільш коштовна в кормовому відношенні не зернова частина - половина, по своїй поживності рівна луговому сіну середньої якості. Допускається значний розрив між збиранням зерна і НЧВ, що наводить до втрат кормових якостей НЧВ, втрат вологи з ґрунту, засмічення полів бур'янами, затягування подальших сільськогосподарських робіт. Вказані явища наводять до пониження культури землеробства і зниження родючості ґрунту.

Даний спосіб збирання допускає втрати НЧВ до 38...40% з одночасним забрудненням до 15% землею зібраної солом'яної маси (в разі застосування тросових волокуш); знижується продуктивність прибирального агрегату до 14...18% через неможливості вивантаження зерна на ходу. Цей спосіб дає

однозначне вирішення збирання НЧВ. Слід зазначити, що застосування великовантажних копичників дозволить зменшити втрати НЧВ до 7...12% за рахунок зменшення площі контакту соломи з ґрунтом і раціональнішого застосування волокуш.

До збирання НЧВ як в цілісному, так і подрібненому вигляді слід віднести і застосування зернозбиральних комбайнів, обладнаних валкозбірними пристроями (валкова технологія), що забезпечують збирання НЧВ за допомогою підбирачів валків, прес-підбирачів або інших аналогічних машин, що дозволяють використовувати комбайн по своєму прямому призначенню, - прибирати зерно. Валкова технологія відповідає тенденції звільнити зернозбиральний комбайн від пристроїв для збирання НЧВ.

Аналіз валкової технології показує, що вона має переваги перед колійною технологією: практично не знижується продуктивність зернозбирального комбайна і забезпечується можливість вивантаження зерна на ходу комбайна; забезпечується маневреність прибирального агрегату за рахунок його компактності; знижується маса комбайна і спрощується його конструкція, що підвищує технічну і технологічну надійність агрегату; забезпечується кращий доступ до сепаруючих органів комбайна для налаштування їх на мінімально можливі втрати зерна; створюються кращі гігієнічні умови для роботи комбайнера. Слід зазначити, що застосування комбайнів з валкозбірними пристроями обмежене в зонах з низькою врожайністю НЧВ, унаслідок утворення малопотужних валків і різкому зниженню продуктивності валкопідбираючих машин і механізмів. До недоліків цієї технології відноситься також наступне: значні втрати полови, розривши між збиранням зерна і НЧВ; з точки зору теорії потокової, технологічна схема суперечлива, оскільки валок хлібної маси обмолочується і солом'яна частина його укладається у валок на ґрунт, а потім знову підбирається. Застосування для збирання валків НЧВ скиртозбирач СНД-60 з подальшим утворенням стогів і вивозом їх на край поля, вимагає формування досить потужних валків, що

реабілітують роботу громіздкого агрегату масою 9600 кг Для підбору валків НЧВ розроблений і поставлений на виробництво підбирач валків ПВ-6. Є й інші машини для підбору валків, наприклад, імпорتنі.

Аналіз валкової технології показує, що підвищення ефективності її повинне йти по шляху дослідження і вдосконалення технологічних процесів і робочих органів, що забезпечують зниження втрат половини, шляхом розподілу її у валянні соломи або укладання всій або частини половини зверху валяння соломи, а також шляхом утворення потужних валків соломи за рахунок їх здвоювання і навіть зстроювання.

Другий напрям по використанню НЧВ – це застосування її як добрива шляхом подрібнення та розкидання по поверхні поля.

1.3. Аналіз конструкцій машин для подрібнення залишків рослин

При переході до енергозберігаючих технологій обробітку ґрунту, мульчування або накопичення і рівномірний розподіл рослинних залишків на поверхні ґрунту – основне завдання. Це досягається при використанні такого простого і надійного агрегату, як подрібнювач. Простота і надійність використання подрібнювача дозволяє підвищити родючість і запаси вологи ґрунту, поліпшити її агрофізичні властивості, знизити водну і вітрову ерозію, підвищити врожайність сільськогосподарських культур. Але головне – це зниження енергоємності виробництва сільськогосподарських культур, витрат пального, і, як наслідок, зниження собівартості виробництва продукції.

Мульчувачі спеціально розроблені для виконання завдань зрізання, подрібнення та розкидання решток культур, що залишилися на полі після збирання врожаю. Як правило, мульчувач складається з кількох компонентів, таких як рама, корпус, робочі органи, ротор, опорні колеса та зчіпка [14].

Роторні мульчувачі конструктивно виконують з вертикальною (рис. 1.1) та горизонтальною (рис. 1.2) віссю обертання ротора.



а)

б)

Рис. 1.1. Причіпні подрібнювачі з вертикальною віссю обертання ротора:

а – BL820;

б – Schulte.



а)



б)



в)



г)

Рис. 1.2. Роторні подрібнювачі з горизонтальною віссю обертання ротора:

а – причіпний ПП-2,0; б – начіпний ПН-2,0; в – начіпний Kornik Z902;

г – начіпний з поздовжньою віссю транспортування.

Вітчизняні фахівці успішно розробили машини для подрібнення рослинних залишків. Ці машини, а це ПН-2 (Білоцерків-МАЗ), ПР-2,6 (Агрореммаш) і ПРУ-2,8 (Бердянськсільмаш), були розроблені спеціально для виконання таких завдань як підбирання, подрібнювання та рівномірне розкидання рослинних залишків, зокрема соломі, яка залишається у валках після збирання зернових культур. Машини здатні зрізати стерню висотою від 3,5 до 200 мм, а також крупностеблові культури, такі як соняшник і кукурудза, які знаходяться на поверхні поля.

Причіпний польовий мульчувач ПП-2,0 (рис. 1.2, а) подрібнює валки соломи, післяжнивні залишки соняшнику, кукурудзи та інших культур з їх рівномірним розкиданням по поверхні ґрунту.

Подрібнювачі Kornik Z 902 (рис. 1.2, в) призначені для подрібнення рослинних залишків кукурудзи, зернових, соняшнику тощо. Велика кількість ножів на один погонний метр і частота обертання ротора до 2000 об/хв забезпечують якісне подрібнення. Посилений каркас усуває ризик деформації, має змінний кожух для захисту від ударів каменів.

На рис. 1.3 показано здійснення технологічної операції подрібнення залишків рослин начіпним (а) та причіпним (б) мульчувачами з обертанням ротора у горизонтальній площині.



Рис. 1.3. Технологічна операція подрібнення залишків рослин начіпним (а) та причіпним (б) роторним мульчувачем

ВАТ «Білоцерків-МАЗ» розробило та виготовило два типи мульчувачів: причіпний ПН-2,0 та причіпний ПП-2,0. Ці мульчувачі спеціально розроблені для подрібнення валків соломи та післяжнивних залишків таких культур, як соняшник, кукурудза та інші. Вони забезпечують рівномірний розподіл подрібнених залишків рослин по поверхні ґрунту.

Ці мульчувачі мають ряд переваг. Зокрема, висока якість подрібнення досягається за рахунок комбінації таких факторів, як висока частота обертання ротора, великий діаметр ротора, довгі ножі та значна кількість ножів на одиницю довжини ротора. Забезпечується оптимальна трансформація рослинних залишків у поживні органічні речовини, що підвищує їх корисність у забезпеченні поживними речовинами ґрунту. Ефективно знищуються бур'яни та шкідники, що становлять загрозу для сільськогосподарських культур.

Технічні характеристики мульчувачів виробництва ВАТ «Білоцерків-МАЗ» подано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Технічна характеристика мульчувачів виробництва ВАТ «Білоцерків-МАЗ»

	Причіпний ПП-2,0	Начіпний ПН-2,0	Начіпний ПН-4,0
Ширина захоплення, м	2,0	2,0	4,0
Продуктивність га/год	2.. 2,5	2.. 2,5	4...4,5
Кількість ножів на роторі, шт	90	90	180
Робоча швидкість, км/год	8,0.. 12,0	8,0.. 12,0	8,0.. 12,0
Транспортна швидкість, км/год	20,0	20,0	20,0
Дорожній просвіт, мм	300	300	300
Габаритні розміри, мм			
довжина	4200	2400	2500
ширина	2300	2300	4400
висота	1300	1300	1500
Маса мульчувача, кг	880	740	1680
Агрегується з тракторами, к.с.	55...80	55...80	130...175

1.4. Опис конструкції об'єкту розробки

Мульчувач ПН-2.0 (рис. 1.4) конструктивно складається: з рами 1, редуктора 2, двох опорних коліс 3, начіпки 4, лиж 5, розсіювача 6, ротора.

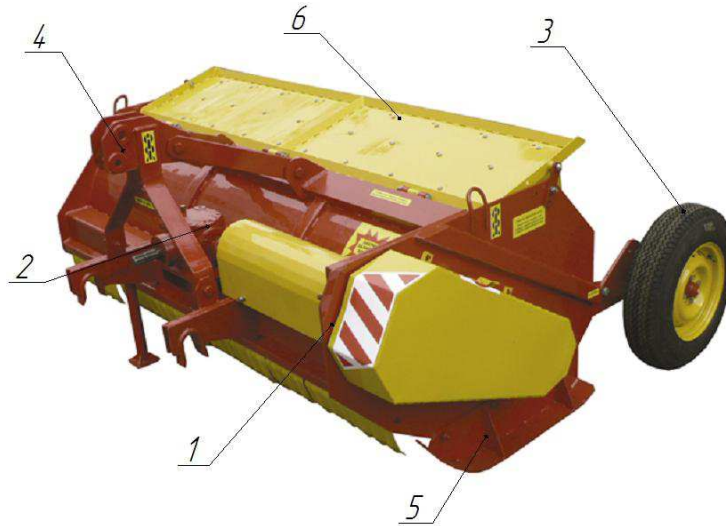


Рис. 1.3. Загальний вигляд мульчувача ПН-2.0:

1 – рама; 2 – редуктор; 3 – колесо; 4 – начіпка; 5 – лижа; 6 – розсіювач.

На рамі мульчувача закріплено його основні робочі органи та вузли. Два фартухи шарнірно кріпляться до передньої балки рами та мають подвійне призначення. По-перше, вони діють як пригиначі, згинаючи або викривляючись у відповідь на зовнішні сили. По-друге, вони функціонують як захист від сторонніх предметів, які можуть бути викинуті ротором.

В нижній частині передньої балки мульчувача встановлені протиризальні пластини, які заточені з двох сторін, що дозволяє, при затупленні одного боку повернути їх на інший бік.

Ротор мульчувача (рис. 1.5) обертаючись зі швидкістю 1575 об/хв., скошує та кришить рослинну масу. Він конструктивно складається з встановленого на підшипникових опорах валу 1 з кронштейнами 5, розміщеними у визначеному порядку, на яких закріплюються ножі 2 з двосторонньою різальною частиною. Після затуплення однієї різальної частини, ножа можна переставити для використання іншої різальної частини.

Вал ротора перед установкою на мульчувач динамічно балансується вантажами 7. Балансування може бути порушено руйнуванням ножа, що призводить до збільшення вібрації та скорочення строку служби мульчувача.

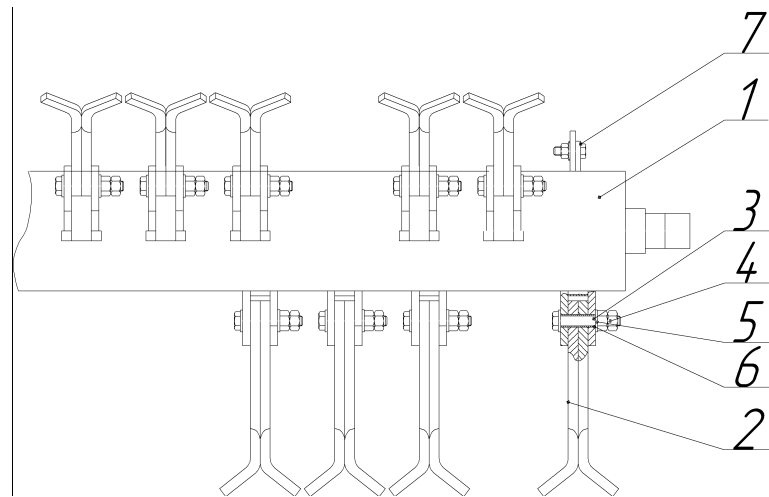


Рис. 1.4. Ротор мульчувача ПН-2.0:

- 1 – вал ротора; 2 – ніж; 3 – болт; 4 – гайка; 5 – шайба;
6 – втулка; 7 – балансувальний вантаж.

Технологічна схема мульчувача ПН-2.0 показана на рис. 1.6.

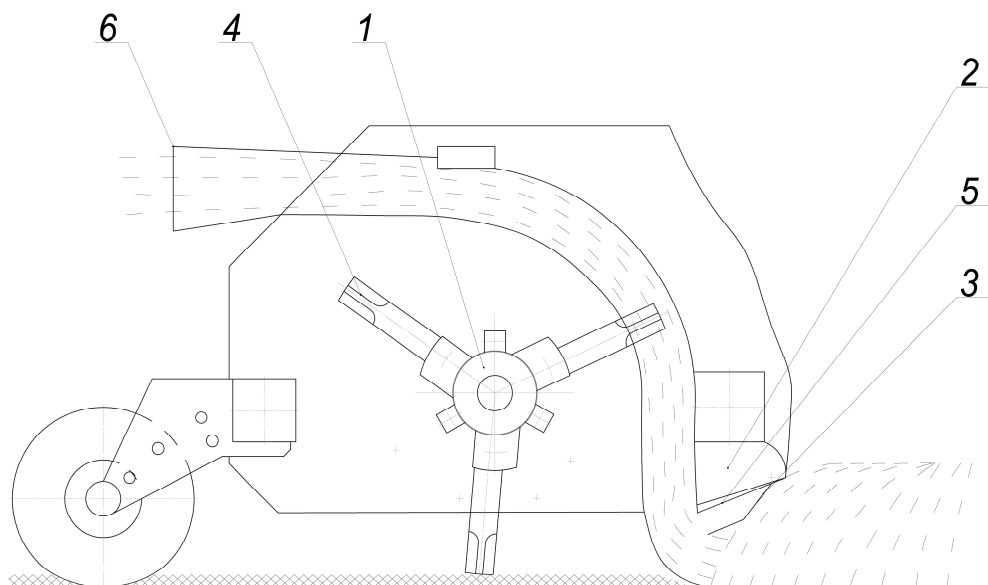


Рис. 1.5. Технологічна схема мульчувача польового ПН-2.0:

- 1 – вал ротора; 2 – передня балка; 3 – захисні фартухи;
4 – ножі; 5 – протиризальні пластини; 6 – розсіювач.

При русі полем передня балка 2 (рис. 1.6) (із захисними фартухами 3 та протирізальними пластинами 5) нахиляє рослини. Ножі 4, закріплені жорстко на валу 1 ротора, зрізують залишки рослин, подрібнюють їх і розкидають на поверхні ґрунту.

Висота зрізу регулюється за допомогою перестановки опорних коліс. Мульчувач агрегатується на трьохточкову начіпку трактора. Переведення мульчувача у робоче / транспортне положення і навпаки здійснюється за допомогою силового гідроциліндра трактора.

Для забезпечення необхідної безпеки руху при транспортуванні, мульчувач у верхньому положенні додатково закріплюється фіксатором телескопічної тяги.

Кінематична схема приводу ротора мульчувача показано на рис. 1.7.

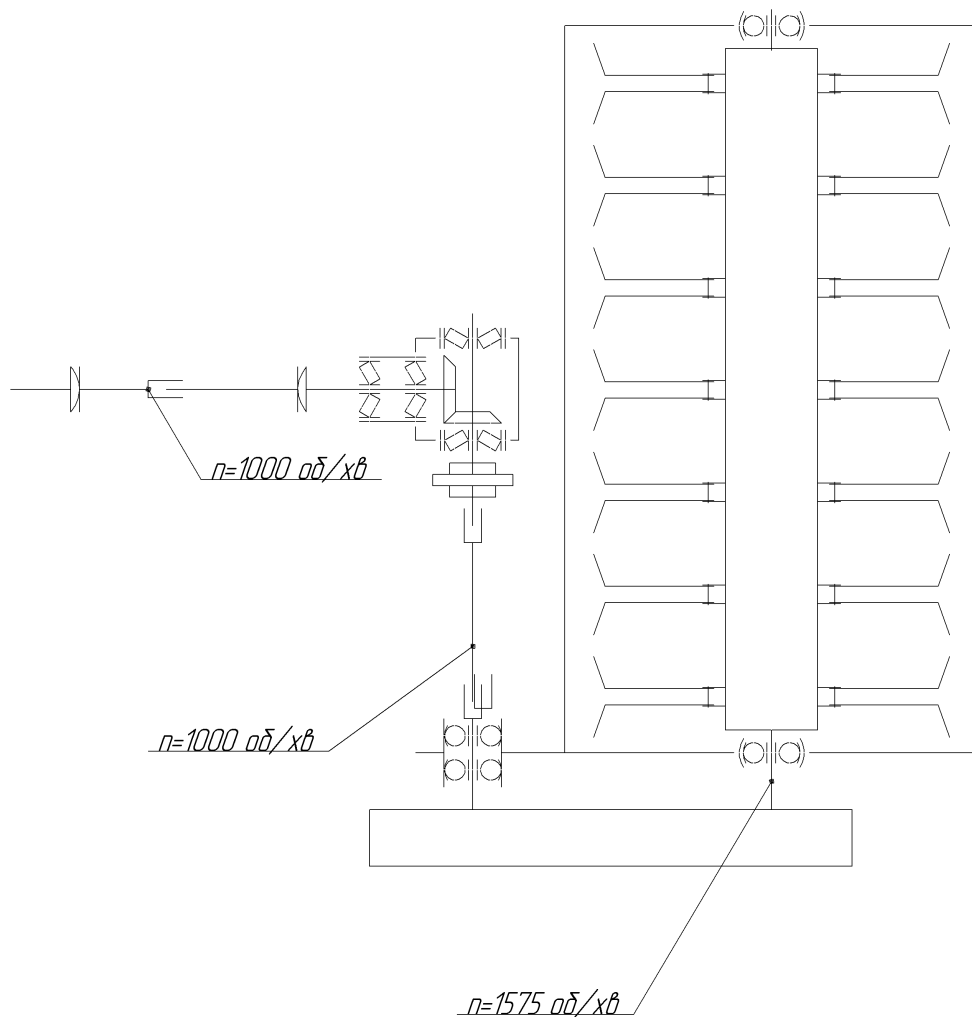


Рис. 1.6. Кінематична схема приводу ротора мульчувача

Експлуатувати мульчувач польовий ПН-2,0 необхідно з тракторами, які оснащені додатковим вантажем масою не менше 160 кг (повним комплектом додаткових вантажів).

Начіплюється мульчувач на трактора в трьох точках: до задніх шарнірів нижніх (поздовжніх) тяг і верхньої (центральної) тяги у такій послідовності:

- начіпка встановлюється та фіксується в задніх шарнірах нижніх (поздовжніх) тяг, при цьому вилки лівого та правого розкосів установлюються паз. Це забезпечує краще копіювання мульчувачем рельєфу поля і підйом мульчувача при наїзді на камінь чи іншу перешкоду;

- трактор під'їжджає заднім ходом до мульчувача, механізатор за допомогою гідроциліндра трактора встановлює начіпку в кронштейн рами, глушить двигун трактора, вставляє пальці та стопорить пружинними фіксаторами;

- з'єднує центральну тягу з рамкою начіпки мульчувача;

- стаяжками розкосів трактора встановлюється горизонтальне положення рами мульчувача.

Переведення мульчувача в транспортне положення здійснюється за допомогою задньої гідроначіпки трактора та стопориться за допомогою механічного фіксатора причіпного пристрою трактора. При роботі рукоятку гідророзподільника необхідно встановити в положення «Плаваюче»;

- приєднують та фіксують вилку карданного валу до ВВП трактора, впевнившись при цьому, що внутрішні вилки карданних шарнірів знаходяться в одній площині;

- закріплюють кожух карданного валу ланцюгом за скобу, приварену до рами.

Установку висоти зрізу здійснюють перестановкою опорних коліс і центральною тягою начіпки трактора. При збільшенні висоти зрізу тяга подовжується, а при зменшенні – вкорочуються.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ РОСЛИННИХ ЗАЛИШКІВ

2.1. Обґрунтування змін у конструкції мульчувача

За результатами аналізу мульчувача базової конструкції та виконання ним технологічного процесу подрібнення залишків рослин, запропоновано

- замість трьох ножів і балансира встановити на валу ротора чотири ножі симетрично . Запропонована схема розташування ножів усуває необхідність застосування балансирувальних вантажів та дозволяє знизити кількість обертів ротора мульчувача за рахунок збільшення кількості рядів ножів, що загалом зменшить вібраційне динамічне навантаження на опори ротора;
- удосконалити конструкцію кріплення ножа – встановити між ножем та кріпильним болтом фторопластову втулку, що зменшить тертя та зношування у вузлі;
- замість суцільного Y - подібного ножа запропоновано використовувати збірний ніж, який складається з стійки та ріжучої частини, що приєднується до стійки за допомогою двох гвинтів. Конструкція розбірного ножа дозволяє легко, швидкою та ефективно замінити його при потребі. Запропоновано зробити ножі самозаточувальними.
- леза ножів пропонованої конструкції розташувати під кутом до напрямку руху мульчувача. При такому розташуванні ріжучої кромки реалізується різання ковзанням, а не рубанням, як у стандартного Y - подібного ножа. Це дозволяє знизити споживану потужність різання та збільшити продуктивність агрегату.

Передбачається, що впровадження запропонованих заходів дозволить підвищити ефективність роботи мульчувача польового та зменшити затрати часу на його обслуговування.

2.2. Обґрунтування способу різання

Різання – один з видів подрібнення, пов'язаний із застосуванням леза. При різанні зменшується лінійний розмір матеріалу, збільшуються число нових часток і їх сумарна площа бічної поверхні.

Для різання характерний утворення плоских поверхонь, часток більш правильної форми (пластинки, паралелепіпеди, куби і так далі).

Процес різання лезом є частковим виглядом подрібнення і тому підпорядкований загальним законам подрібнення матеріалів під дією незалежних зовнішніх сил. Проте цей процес має певні особливості. Зокрема, важливе значення має характер руху ножа відносно перерізуваного продукту.

Залежно від цього чинника розрізняють різання ковзанням і рубанням.

При різанні рубанням лезо розташоване перпендикулярно відносно об'єкта, а при різанні ковзанням - під деяким кутом.

При рубаючому різанні (рис. 2.1.) вектор швидкості впровадження ножа в матеріал перпендикулярний кромці леза.

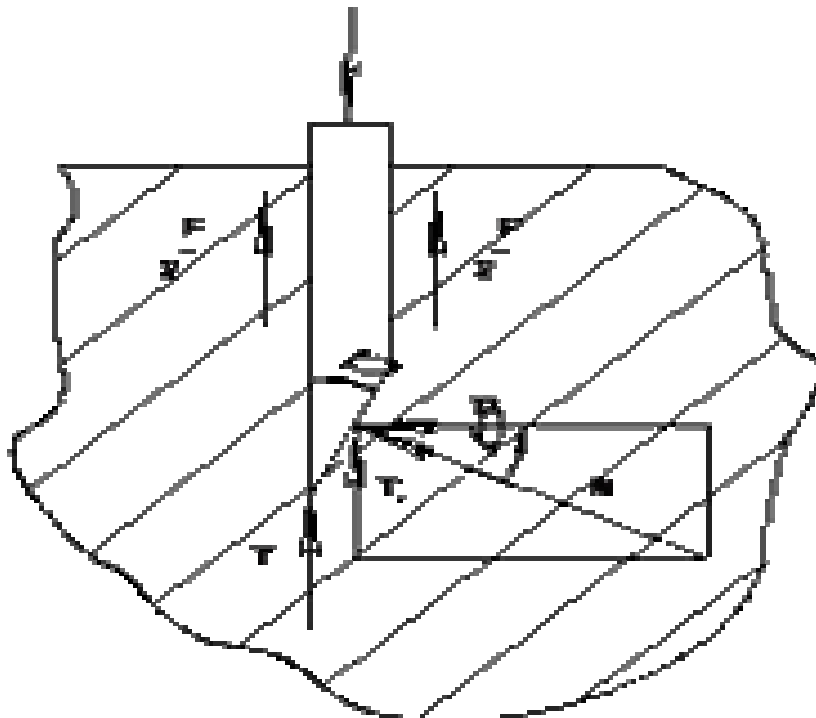


Рис. 2.1. Схема різання рубанням

Різнанню рубанням передують ущільнення і деформація матеріалу, виникнення в ній контактної напруги, що має максимальне значення перед кромкою леза. Коли контактні напруження досягають деякої граничної величини, відбувається розділення продукту на частини.

Така схема різання рубанням застосовується на існуючих мульчувачах.

Опір проникнення ножа зумовлений наступними силами:

T' – сила, що є опором руйнованого матеріалу і що діє на кромку леза;

T'' – сила, пов'язана з опором шару стискуванню фаскою леза;

F – рівнодіюча сил тертя, що діють на обидві грані ножа (силу тертя на фаски ножа не враховують).

Силу T' можна визначити як добуток площі кромки ножа на руйнівне контактне напруження σ_p :

$$T' = d \cdot l \sigma_p, \quad (2.1)$$

де $l \sigma_p$ – товщина ріжучої кромки і довжина леза.

Сила T' зумовлена опором шару стискуванню фаскою леза і може бути виражена над силу T'' обтискання ножа (див. рис. 2.2):

$$T' = T'' \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (2.2)$$

де β – кут заточування ножа.

У момент початку різання сила P , прикладена до ножа, повинна подолати рівнодійну суми сил, які діють у вертикальному напрямі, тобто

$$P = T' + T'' + F = T' + T'' \cdot \operatorname{tg} \beta + F. \quad (2.3)$$

На відміну від різання рубанням, при різанні ковзанням лезо проникає в матеріал під деяким кутом τ (рис.2.2, а), так званім кутом ковзання.

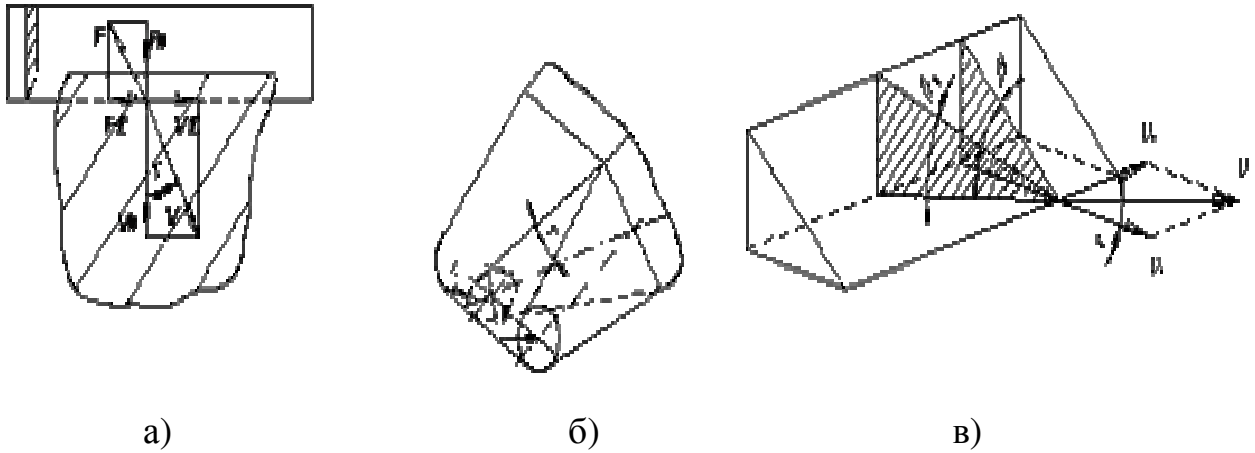


Рис. 2.2. Схема різання ковзанням (а) і явища, які при ньому виникають:

(б) - трансформація кромки леза; (в) - трансформація кута заточування ножа.

Швидкість ножа v в цьому випадку можна розкласти на нормальну v_n і тангенціальну v_t складові. Кут τ , таким чином, складають вектори \vec{v} і \vec{v}_n .

Бічне ковзання ножа призводить до нових явищ в процесі різання: трансформації леза ножа, його кута заточування і сил тертя.

Перше явище полягає в наступному. Кромка леза ножа є подовжнім відрізком круглого циліндра (це виявляється при розгляді кромки під сильним збільшенням). Таким чином, в поперечному перетині вона має вигляд дуги кола з радіусом r (рис. 2.2, б).

Гострота леза визначається величиною подвоєного радіусу кривизни кромки, тобто $\delta=2 \cdot r$. При ковзаючому різанні перетин кромки у напрямі руху будь-якої його точки в матеріал трансформується, набуваючи форми подовжнього відрізання еліптичного циліндра. Контур цього відрізка уявляє собою дугу гострої вершини еліпса радіусом r_1 . У наукових роботах по різанню доведено, що, $r_1=r \cdot \cos \tau$ що означає

$$\delta l = \delta \cdot \cos \tau. \quad (2.4)$$

Опір руйнуванню матеріалу при цьому, згідно формули (2.3), різко зменшується.

Друге явище ілюструє рис. 2.2., в. При проникненні леза в матеріал по напрямку, перпендикулярному ріжучій кромці, кут заточування складатиме кут β . При ковзаючому проникненні під кутом τ до нормалі кут заточування має бути замірний по даному напрямку. Цей кут складає β_1 , причому $\beta_1 < \beta$. Елементарним геометричним аналізом можна встановити зв'язок цих кутів:

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \operatorname{tg}\beta \cdot \cos\tau, \quad (2.5)$$

або

$$\beta_1 = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\beta \cdot \cos\tau). \quad (2.6)$$

Третє явище, що полягає в трансформації сил тертя, пояснюється тим, що сила тертя завжди діє по лінії вектора швидкості i , отже, відхилена від нормалі на кут t (див. рис. 2.2 а).

Легко бачити, що впровадженню леза в матеріал по лінії нормалі протистоїть в даному випадку не повна сила тертя F , а лише її частина F_n , визначають з виразу

$$F_n = F \cdot \cos\tau. \quad (2.7)$$

Явище трансформації сил тертя полягає в тому, що частина сили тертя долається при дотичному русі леза, чим полегшується його проникнення в товщу матеріалу. Цим явищем пояснюється наявність чистого і рівного зрізу матеріалу при його різанні з ковзанням.

Таким чином, для впровадження ножа в матеріал при ковзаючому різанні необхідна сила

$$P_1 = T_1 + F_n = (T' + T' \cdot \operatorname{tg}\beta + F) \cdot \cos\tau \quad (2.8)$$

Порівняння зусиль при рубаючому і ковзаючому різанні дає результат

$$\frac{P_1}{P} = \cos\tau \leq 1. \quad (2.9)$$

Таким чином, зниження зусилля проникнення ножа при ковзаючому різанні пропорційно косинусу кута ковзання t .

Очевидно, що вираження (1.8.) придатне для аналізу рубаючого і ковзаючого різання, оскільки першому відповідає умова $t = 0$, при цьому $P_1 = P$. При кутах $t > 0$ маємо нерівність $P_1 < P$, що означає зменшення зусилля, необхідного для проникнення ножа. Повніше уявлення про це дає (рис. 2.3. а), з якого видно, що збільшення кута ковзання дає монотонне зниження зусилля P_1 , необхідного для здійснення процесу різання. Здавалося б, ріжучі апарати потрібно конструювати з кутами ковзання $t \rightarrow 90^\circ$.

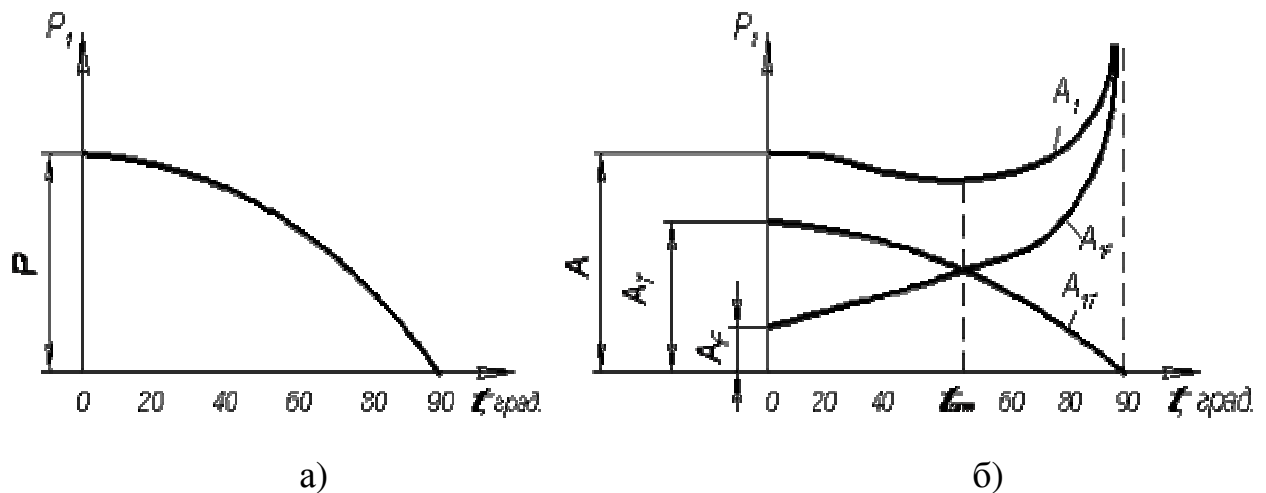


Рис. 2.3. Залежність зусилля проникнення леза (а) і питомих енергетичних витрат на подрібнення, (б) від кута ковзання

Проте такий вивід виявляється не зовсім вірним, оскільки не враховує інші чинники.

По-перше, підтримка великих значень кутів ковзання $\tau = \arctg(vt/vn)$ пов'язана з підтримкою високих співвідношень тангенціальною і нормальною складових швидкості леза, що за часту можна здійснити лише зниженням v_n , а це веде до втрати продуктивності ріжучим апаратом. По-друге, потрібно враховувати питомі витрати енергії, закономірності зміни яких від кута τ носять декілька інший характер, чим залежність $P_1 = P_1(\tau)$.

Остання обставина обумовлена збільшенням шляху сили тертя F при ковзаю чому різанні в $(\cos\tau)$ -1 раз і, отже, збільшенням в стільки ж раз питомих енергетичних витрат. Дійсно, хай при рубаючому різанні ніж проходить шлях S , тоді при ковзаючому різанні цього ж тіла він пройде шлях

$$S_1 = \cos \alpha . \quad (2.10)$$

Витрати енергії складуть в першому випадку $A_F = F \cdot S$, а в другому

$$A_{1F} = FS \cos \alpha . \quad (2.11)$$

Співвідношення витрати енергії буде не на користь ковзаючого різання:

$$\frac{A_{1F}}{A_F} = \frac{1}{\cos \alpha} \alpha > 1. \quad (2.12)$$

Ці закономірності ілюструє рис. 2.3, б.

Зменшення кута заточування і товщини кромки леза, пов'язане з їх трансформацією, дає зменшення питомих витрат енергії (крива A_{IT}). У зв'язку з таким характером складових A_{IT} і A_{IF} сумарна крива $A_I = A_I(\tau)$ має оптимум - мінімум.

Оптимальне значення $\tau_{\text{опт}}$ кута ковзання з умови мінімуму енерговитрат на різання має бути знайдене з цільової функції

$$A_I(\tau) = A_{IT} + A_{IF} \rightarrow \min. \quad (2.13)$$

Уточнюючи складові A_{IT} і A_{IF} , отримаємо

$$A(\tau) = (T' + T'' \operatorname{tg} \beta) \cos \tau \cdot S + F \frac{S}{\cos \tau}. \quad (2.14)$$

Для обчислення похідної $dA/d\tau$ беруть похідні від косинуса і отримують

$$\frac{dA}{d\tau} = -(T' + T'' \operatorname{tg} \beta) + \frac{F}{\cos^2 \tau}. \quad (2.15)$$

Розв'язок цього рівняння наводить до відшукування оптимального кута ковзання, що відповідає мінімуму витрат на різання:

$$\tau_{opt} = \arccos \sqrt{\frac{F}{T' + T'' \operatorname{tg} \beta}}. \quad (2.16)$$

Вираз (2.16) визначений лише в тому випадку, якщо підкорінне вираження не перевершує одиниці. Фізичний зміст цього полягає в тому, якщо сили тертя великі, перевершують інші сили опору, то мінімуму по енерговитратах не існує. В цьому випадку ковзаюче різання завжди даватиме підвищення енерговитрат в порівняння з рубаючим різанням. Тому ножі потрібно конструювати з мінімальною бічною поверхнею.

Іноді з технологічних міркувань (чистота зрізу, усунення зім'ятого матеріалу нормальним тиском леза і тому подібне) можна досягти на деяке підвищення енерговитрат при ковзаючому різанні.

За різними експериментальними даними оптимальне значення τ_{opt} кута ковзання розташовується в проміжку 20-60°.

Ковзаюче різання можна реалізувати різними способами (рис.2.4):

- а) за допомогою вібрацій ножа;
- б) установкою ножа під кутом χ до протиріжучої пластини;
- в) виконанням ріжучої кромки по деякій кривій, що характерний для обертальних робочих органів.

Відповідно розрізняють вібраційне, навскісне і плоскообертове різання. У останніх двох випадках матеріал ковзатиме відносно ножа лише в тому випадку, якщо кут розчину ріжучої пари більше кута тертя ϕ матеріалу об лезо. В іншому випадку різання ковзанням вироджуватиметься в різання рубанням.

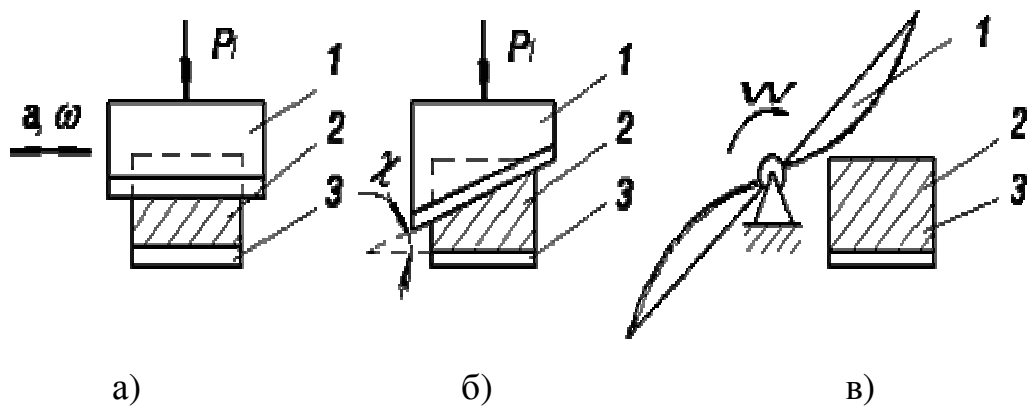


Рис. 2.4. Види різання з ковзанням:

а – вібраційне; б – навскіс; в – плоско обертове;

1 - ніж, 2 - перерізаний матеріал; 3 - протиризюча пластина.

При русі ножа по стеблу сила опору стебла R (рис. 2.5.) дає складову T , яка прагне зрушити стебло по лезу. Зсовуванню стебла перешкоджає сила тертя F . Ковзання стебел по лезу полегшує їх перерізання і усуває забивання ножа у випадку, якщо перерізання не відбувається.

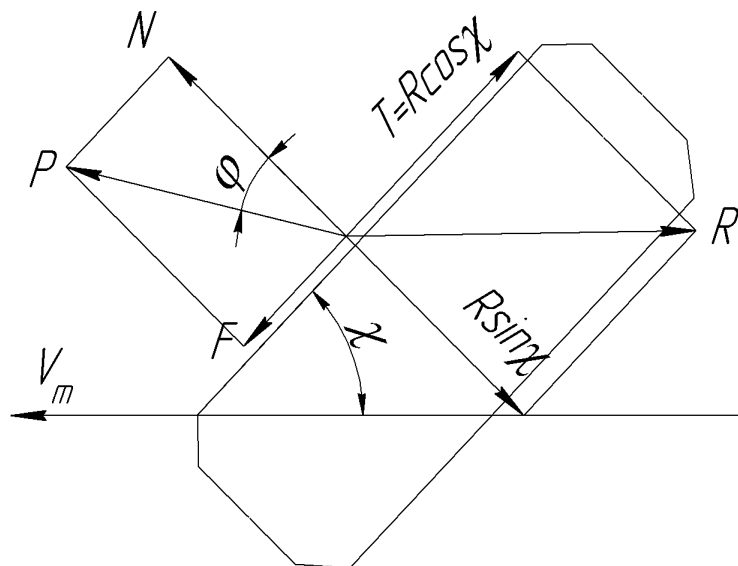


Рис. 2.5. Вид різання з ковзанням навскіс

Умова ковзання стебла по лезу $T > F$,

де

$$T = R \cdot \cos \alpha; \quad (2.17)$$

$$F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi = R \cdot \sin \chi \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.18)$$

Врахувавши значення T і F , отримаємо

$$R \cdot \cos \chi > R \cdot \sin \chi \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2.19)$$

Розділимо обидві частини нерівності на $R \cdot \sin \chi$:

$$\operatorname{ctg} \chi > \operatorname{tg} \varphi \quad (2.20)$$

або

$$\operatorname{tg}(90^\circ - \chi) > \operatorname{tg} \varphi$$

і зі цією нерівністю маємо

$$90^\circ - \chi > \varphi; \quad (2.21)$$

Звідки

$$\chi < 90^\circ - \varphi = 90^\circ - \operatorname{arctg} 0,97 = 45,9^\circ.$$

Отже, оптимальним буде кут розкриття леза ножа $\chi \approx 46^\circ$ до напрямку руху агрегату.

2.3. Обґрунтування валу ротора мульчувача

Для обґрунтування міцності вала запропонованої конструкції в місцях кріплення ножів необхідно визначити зусилля, що буде діяти на кріплення ножа при обертанні вала. Це зусилля визначаємо як відцентрову силу:

$$F = m \cdot a = 0,2 \cdot 5,4 \cdot 10^3 \approx 1000 \text{ Н}, \quad (2.22)$$

де m – маса ножа, $m = 200$ г;

a – прискорення ножа, м/с^2

$$a = \omega^2 R = 164,85^2 \cdot 0,2 = 5,4 \cdot 10^3 \text{ м/с}^2,$$

де R – радіус обертання ножа, $R=200$ мм.

Розрахунок вала на міцність проводили за допомогою програмного комплексу для тривимірного моделювання SolidWorks (рис. 2.6).

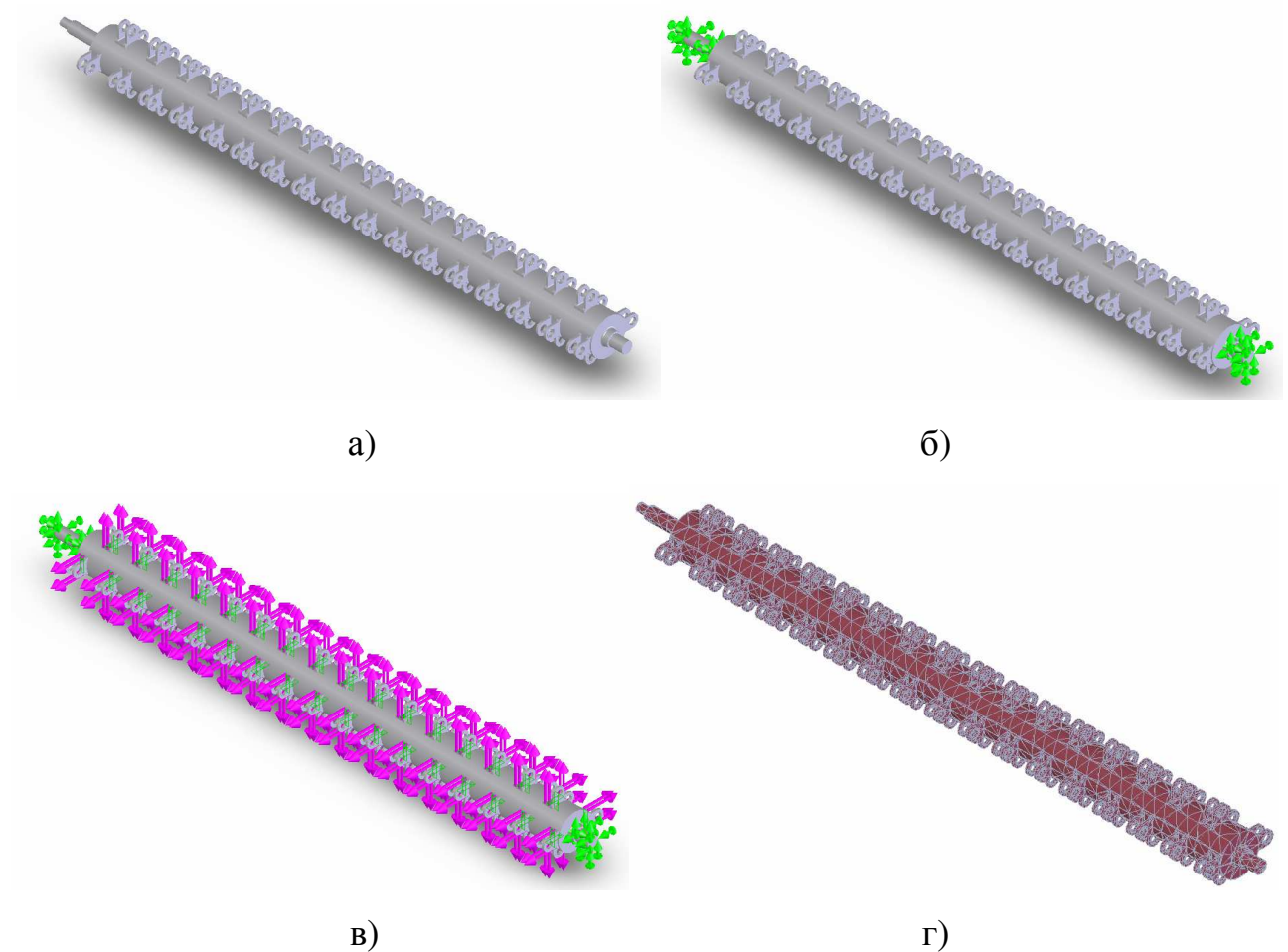


Рис. 2.6. Розрахунок твердотільної моделі вала на міцність:

а – твердотільна модель вала запропонованої конструкції; б – умови закріплення вала; в – відцентрові сили в місцях кріплення ножів; г – сітка скінчених елементів на моделі вала.

Результати розрахунку твердотільної моделі вала запропонованої конструкції подано на рис. 2.7.

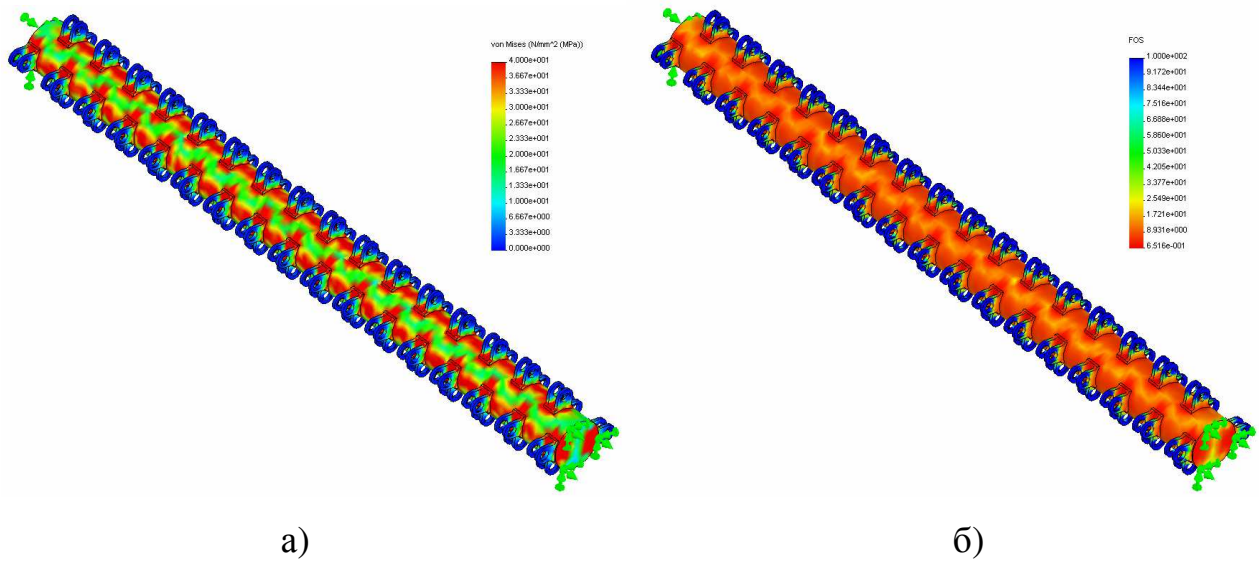


Рис. 2.7. Результати розрахунку твердотільної моделі вала на міцність:
 а - напруження від відцентрових сил; б - розподіл запасу міцності по валу.

Як бачимо з рис. 2.7 максимальні контактні напруження в місці встановлення на вал кріплення ножа становить близько 40 МПа. Мінімальний запас міцності при цьому становить ≈ 65 (рис. 2.8, б).

2.4. Обґрунтування антифрикційної втулки

Для зменшення тертя та зношування у вузлі кріплення ножа запропоновано встановити між ножем та кріпильним болтом фторопластову втулку (межа міцності фторопласту $[\sigma] = 16,5 \text{ МПа}$) [21].

Проведемо аналіз міцності фторопластової втулки кріплення ножа мульчувача до кронштейна вала ротора.

Засобами програмного комплексу для тривимірного моделювання SolidWorks створюємо об'ємну модель кронштейна (рис. 2.8).

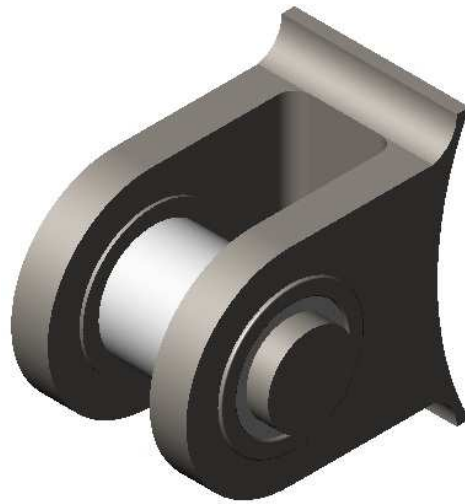


Рис. 2.8. Твердотільна модель модернізованого кронштейна кріплення ножа

За допомогою спеціалізованого модуля кінцево елементного інженерного аналізу SolidWorks Simulation проводимо аналіз напружено-деформівного стану модернізованого кронштейна з фторопластовою втулкою.

Для цього попередньо створюємо триангуляційну сітку кінцевих елементів на твердо тільній моделі кронштейна (рис. 2.9, а).

Задаємо умови закріплення кронштейна на роторі (рис. 2.9, б) – защемлення дугоподібної основи кронштейна та зусилля, що діють на кронштейн – силу 1000 Н, що передається на кронштейн через втулку та болт (див. п. 2.3).

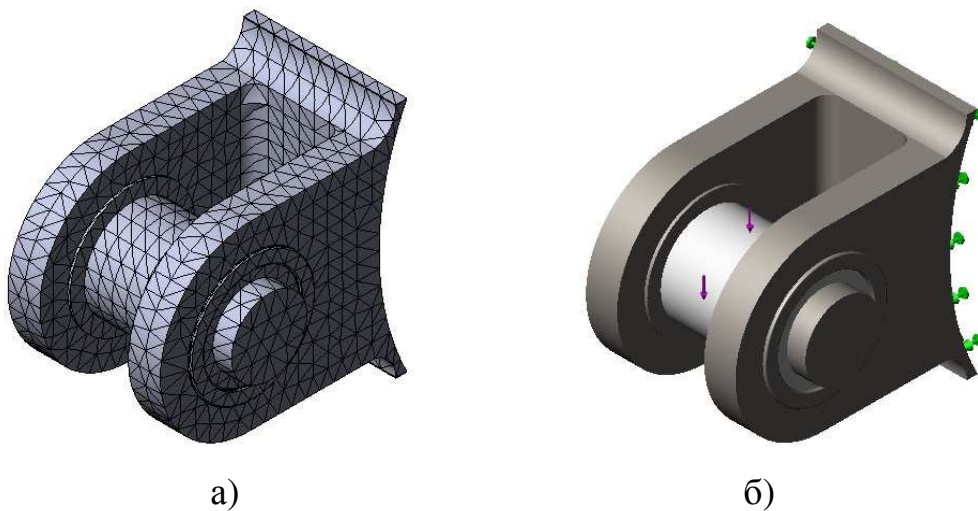


Рис. 2.9. Моделювання кронштейна кріплення ножа з втулкою:
а – сітка кінцевих елементів; б – умови закріплення та навантаження.

Результати розрахунку НДС кронштейна за допомогою модуля кінцоелементного аналізу Simulation подано на рис. 2.10 – рис. 2.12.

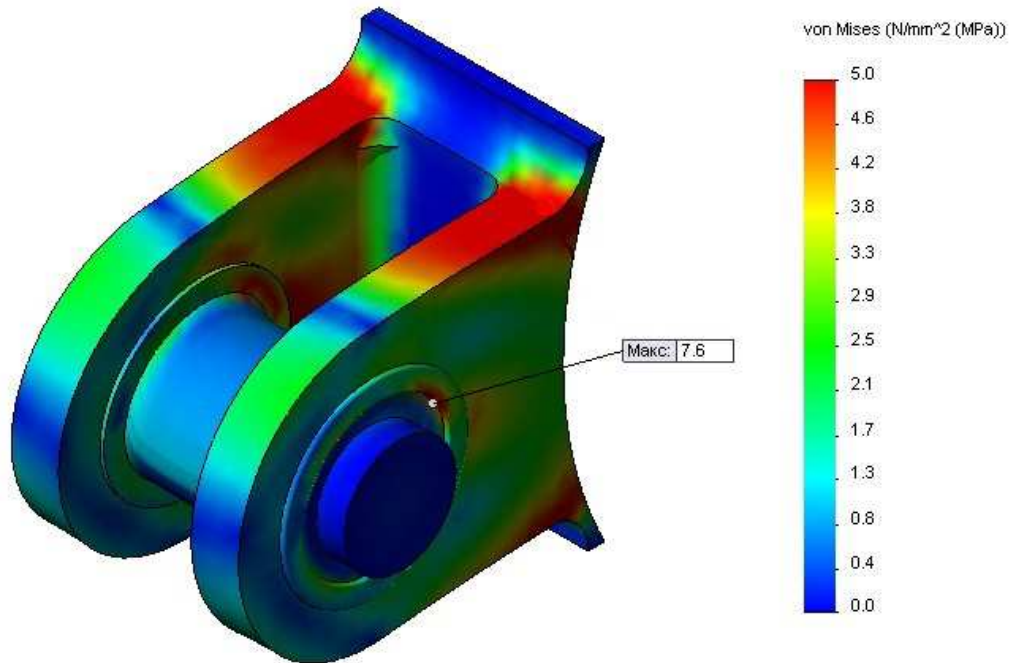


Рис. 2.10. Результати розрахунку напружень (за Фон Мізесом)

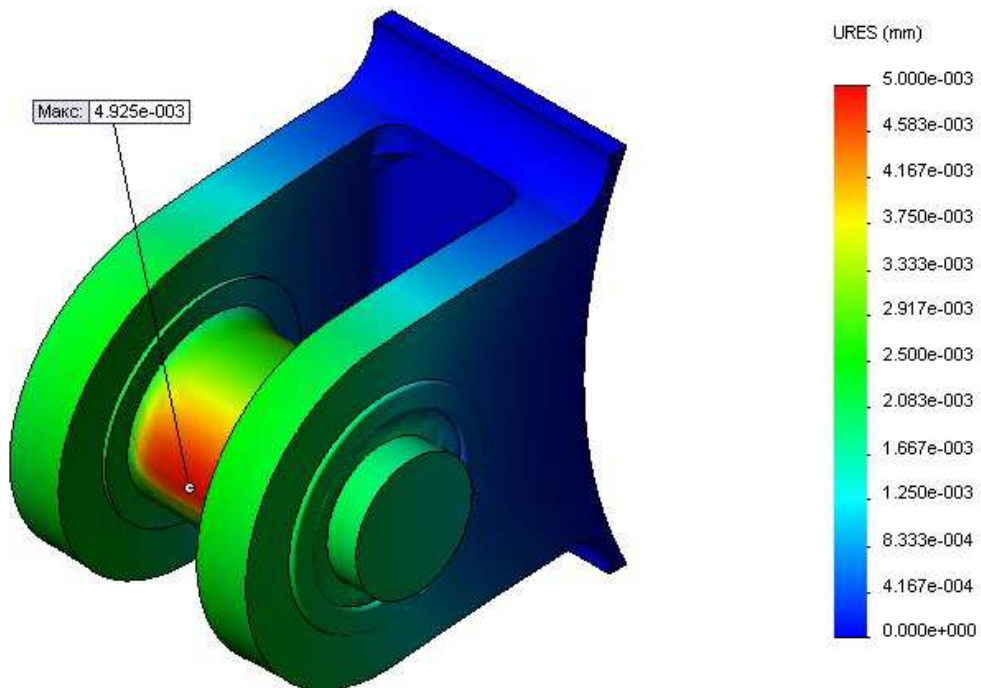


Рис. 2.11. Результати розрахунку деформацій кронштейна

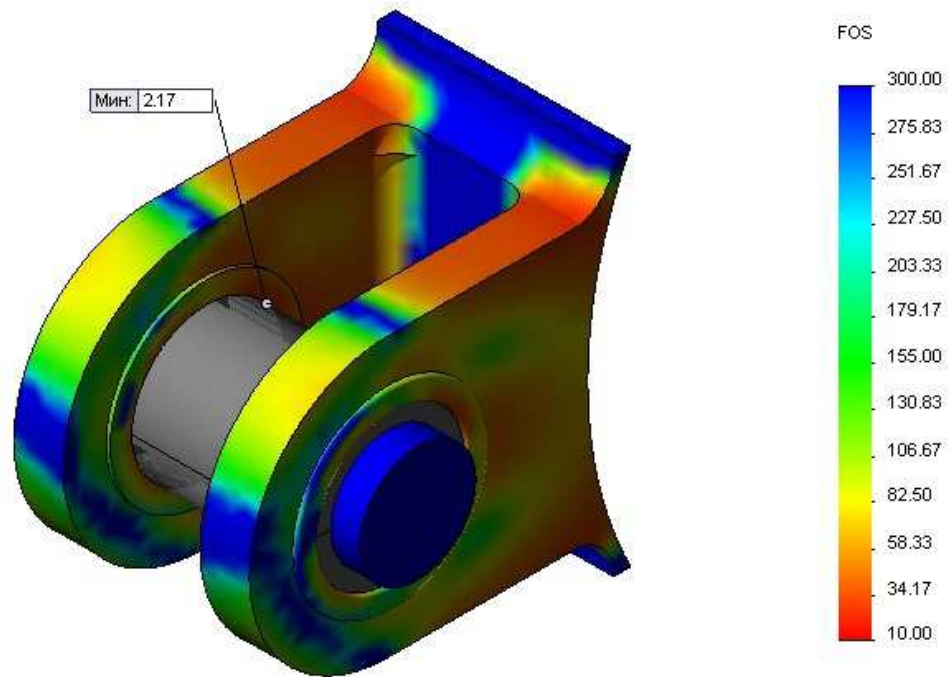


Рис. 2.12. Розподіл коефіцієнту запасу міцності втулки

Як бачимо за результатами розрахунку (рис. 2.10 та 2.11), максимальне переміщення фторопластової втулки становить $\approx 0,005$ мм, а максимальні напруження становлять $\approx 7,6$ МПа. При допустимих напруженнях для фторопласту $[\sigma] = 16,5$ МПа, мінімальне значення коефіцієнту запасу міцності становить $\approx 2,2$ (рис. 2.12).

Отже, матеріал антифрикційної втулки підібрано коректно.

3. ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ МУЛЬЧУВАЧА

3.1. Розрахунок зусиль та напружень у болтовому з'єднанні

Визначаємо кутову швидкість руху ножа

$$\omega = 2\pi n = 2 \cdot 3.14 \cdot 1575 = 164.85 \text{ рад/с.} \quad (3.1)$$

Знаходимо обертовий момент при потужності $P=3\text{кВт}$:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{3 \cdot 10^3}{164.85} = 18 \text{ Нм.} \quad (3.2)$$

Визначаємо силу, яка сприймається болтом:

$$F_T = \frac{T}{l} = \frac{18}{0.100} = 180 \text{ Н,} \quad (3.3)$$

де $l=100$ мм – відстань від осі болта до осі вала.

Визначаємо напруження розтягу у болті:

$$[\sigma]_p = \frac{4 \cdot F_T}{\pi \cdot d^2 \cdot f \cdot z} = \frac{4 \cdot 180}{3.14 \cdot 12^2 \cdot 0.15 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 11 \text{ МПа,} \quad (3.4)$$

де f – коефіцієнт тертя, $f = 0.15$;

d – діаметр болта, $d=12\text{мм}$;

z – кількість болтів, $z=1$.

Знаходимо напруження болтів на зріз

$$[\tau]_{sp} = \frac{4 \cdot F_T}{\pi \cdot d^2 \cdot z} = \frac{4 \cdot 180}{3.14 \cdot 12^2 \cdot 10^{-6} \cdot 1} = 1.65 \text{ МПа.} \quad (3.5)$$

3.2. Розрахунок вала ротора мульчувача на згин

Маса ротора мульчувача становить близько 200 кг. При довжині вала ротора 2050 мм рівномірно розподілене навантаження по довжині вала становитиме $q = 2000\text{Н} / 2.05\text{м} \approx 1\text{кН/м}$.

Визначаємо опорні реакції які виникають на місцях закріплення вала ротора мульчувача. Розглядаємо рівняння рівноваги.

$$R_1 l - \frac{q \cdot l^2}{2} = 0. \quad (3.6)$$

$$R_1 = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{10 \cdot 2.050}{2} = 10.25\text{Н} \quad (3.7)$$

$$R_2 l - \frac{q \cdot l^2}{2} = 0. \quad (3.8)$$

$$R_2 = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{10 \cdot 2.050}{2} = 10.25\text{Н} \quad (3.9)$$

Перевірка:

$$R_1 + R_2 - q \cdot l = 0. \quad (3.10)$$

$$10.25 + 10.25 - 2.050 \cdot 10 = 0.$$

Отже, опорні реакції знайдено вірно.

Будуємо епюри перерізуючої сили $Q(x)$ та згинального моменту $M(x)$ і крутного моменту T .

Знаходимо перерізуючу силу.

$$Q(x) = R_1 - q \cdot x; \quad (3.11)$$

$$Q(0) = R_1 = 10.25\text{Н}; \quad (3.12)$$

$$Q(l) = R_1 - q \cdot l = -10.25\text{Н}. \quad (3.13)$$

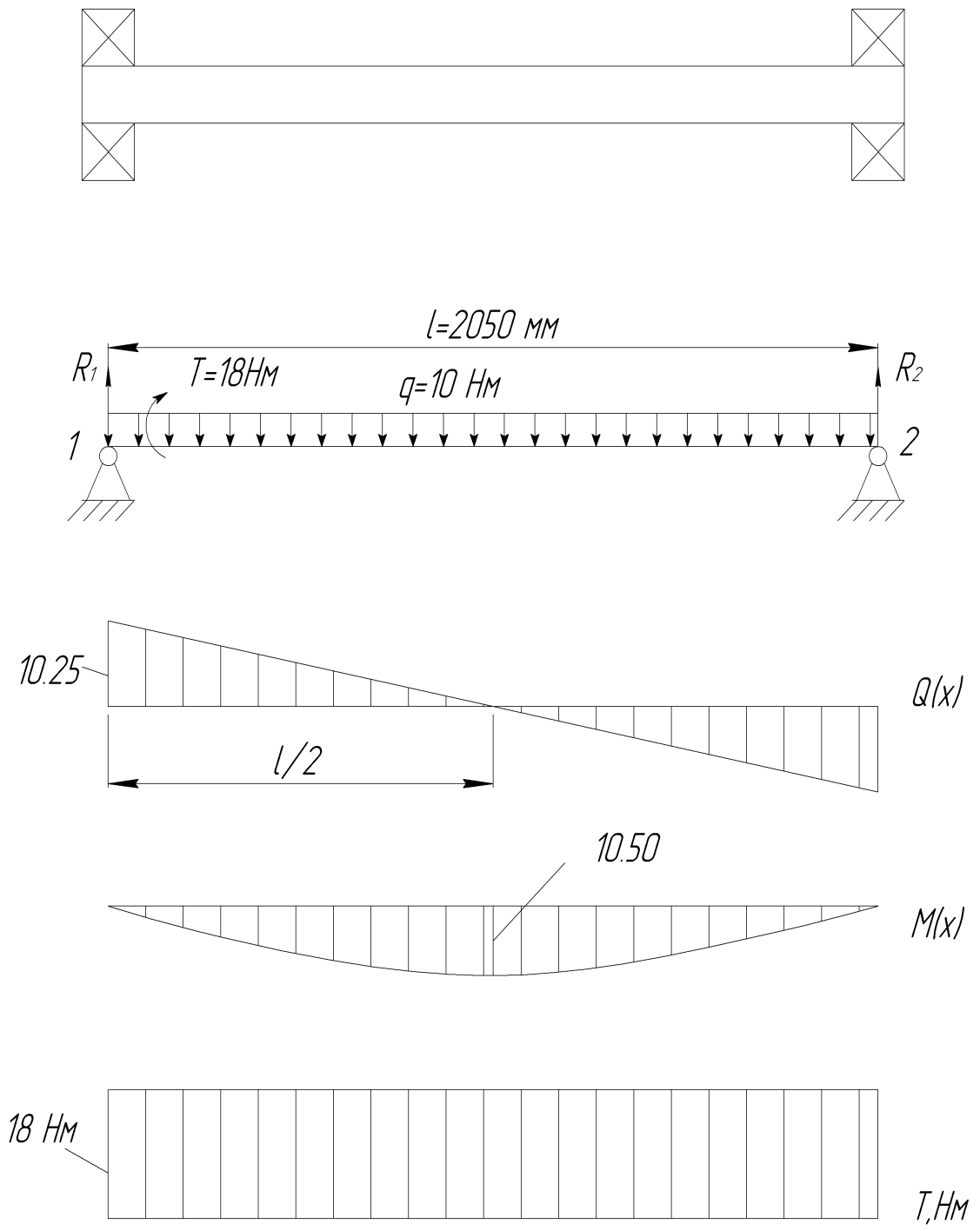


Рис. 3.1. Розрахункова схема ротора

Знаходимо згинальний момент

$$M(x) = -R_1 \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2}; \quad (3.14)$$

$$M(x) = 0; \quad (3.15)$$

$$M\left(\frac{l}{2}\right) = -\frac{10.25 \cdot 2.050}{2} + \frac{10 \cdot 2.050^2}{2} = 10.50 \text{ Н.} \quad (3.16)$$

$$M(l) = -10.25 \cdot 2.050 + \frac{10 \cdot 2.050^2}{2} = 0. \quad (3.17)$$

Отже, $M_{зг \text{ max}} = 1050 \text{ Нм}$.

Визначаємо напруження, беручи до уваги, що вал ротора виготовлений з труби діаметром 140 мм та товщиною стінки $\delta = 5$ мм.

Момент опору поперечного перетину труби вала

$$W_0 = \frac{\pi \cdot D^3}{16} - \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot D^3}{16} - \frac{\pi \cdot (D - 2\delta)^3}{16} = 53,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (3.18)$$

$$\sigma = \frac{M_{зг}}{W_0} = \frac{1050}{53,7 \cdot 10^{-6}} \approx 20 \text{ МПа.}$$

Оскільки зусилля, яке виникає в поперечному перетині вала ротора у вигляді труби забезпечується умовою міцності, то поперечний перетин вала ротора вибираємо у вигляді труби діаметром 140 мм. з конструктивних міркувань.

3.3. Розрахунок підшипника на валу

Виходячи з попередньо проведеного розрахунку вала приймаємо для зовнішньої опори вала підшипник № 213, для внутрішнього – радіальний шариковий однорядний підшипник згідно ГОСТ 8338 – 75. Підшипники сприймають навантаження – радіальні і осьові в обидві сторони. Осьові – до 70% невикористаного допустимого радіального навантаження. Величина вертикального навантаження $R_g = 7308 \text{ Н}$, горизонтального $R_z = 4716 \text{ Н}$.

Сумарне навантаження на підшипник

$$R = \sqrt{R_g^2 + R_z^2} = \sqrt{7308^2 + 4716^2} = 8697H. \quad (3.19)$$

Осьову силу, що тимчасово виникає на поворотах при роботі на полі з ухилом, приймаємо 25% від радіальної

$$F = 0,25R = 0,3 \cdot 8697 = 2261H. \quad (3.20)$$

Задану довговічність підшипника приймаємо $L_n=50000$ год.

Характеристика підшипника:

величина радіальної і осьової вантажопідйомності табл. к27 [13] $C_r=56$ кН,
 $C_{or}=34$ кН;

коефіцієнт обертання $V=1$, оскільки обертається лише внутрішнє кільце підшипника;

для радіальних підшипників коефіцієнт радіального навантаження $X=0,56$ табл.9 [13];

коефіцієнт безпеки $K_b=1,3$ табл.9.4 [13];

температурний коефіцієнт $K_T=1$ табл.9.5 [13].

Визначаємо відношення

$$\frac{R_a}{V_p} = \frac{2261}{1 \cdot 8697} = 0,26,$$

де $R_a=F$.

Визначаємо відношення

$$\frac{R_a}{C_{or}} = \frac{2261}{34 \cdot 10^3} = 0,066.$$

По табл.9.2 [13] знаходимо коефіцієнт впливу осьового навантаження $l=0,27$. Коефіцієнт впливу осьового навантаження $Y=1,5$.

По співвідношенні $\frac{R_a}{V_p} < l$ по табл.9.1 [13] вибираємо формулу і

розраховуємо еквівалентну динамічну навантаження

$$R_E = V \cdot R \cdot K_\delta \cdot K_T = 1 \cdot 8697 \cdot 1,3 \cdot 1 = 11306 H. \quad (3.21)$$

Визначаємо динамічну вантажопідйомність

$$C_{rp} = R_E \sqrt[3]{573 \omega \frac{Lh}{10^6}} = 11306 \sqrt[3]{573 \cdot 6 \cdot \frac{5000}{10^6}} = 29395,6 H < C_r. \quad (3.22)$$

Визначаємо довговічність підшипника

$$L_{10h} = \frac{10^6}{573 \omega} \left(\frac{C_r}{R_E} \right)^3 = \frac{10^6}{573 \cdot 6} \cdot \left(\frac{56 \cdot 10^3}{11306} \right)^3 = 35300 > L_h. \quad (3.23)$$

Підшипник відповідає вимогам по довговічності і вантажопідйомності.

3.4. Розрахунок пасової передачі

Визначаємо кутові швидкості для ведучого та веденого шківів

Для ведучого шківа:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 105 \text{ 1/c}; \quad (3.24)$$

На веденої:

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 1575}{30} = 165 \text{ 1/c}; \quad (3.25)$$

Для пасової передачі вибираємо плоский гумотканинний пас за ГОСТ 23831-79 з числами прокладок $i=3$ завтовшки $\delta=4,5 \text{ мм}$

Визначаємо передавальне число передачі

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{105}{165} = 0,64. \quad (3.26)$$

Визначаємо діаметр ведучого колеса

$$d_1 = (520 \dots 620) \cdot \sqrt[3]{\frac{P_1}{\omega_1}} = (520 \dots 620) \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{105}} = 160 \dots 188 \text{ мм.} \quad (3.27)$$

Згідно стандарту d 180 мм.

Відношення $d_1/\delta = 180/4.5 = 40$, що відповідає ГОСТу.

Швидкість паса

$$v = \frac{\omega_1 \cdot d_1}{2} = \frac{105 \cdot 180}{2} = 9.45 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (3.28)$$

що допускається для гумотканинних плоских пасів.

Діаметр веденого шківів

$$d_2 = u \cdot d = 0.64 \cdot 180 = 115$$

мм. (3.29)

За стандартом $d_2 = 112$ мм.

Фактичне передавальне число передачі визначаємо:

$$u = \frac{d_1}{d_2} = \frac{112}{180} = 0.62 \quad (3.30)$$

Визначаємо орієнтовно міжосьову відстань передачі

$$a = 2(d_1 + d_2) = 2(180 + 112) = 584 \text{ мм.} \quad (3.31)$$

Кут обхвату меншого шківів

$$\alpha_2 = 180 - \frac{57(d_1 - d_2)}{a} = 180 - \frac{57(180 - 112)}{584} = 173^\circ \quad (3.32)$$

Розрахункова довжина шківів

$$l = 2a + \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} + (d_1 - d_2)^2/4a \quad (3.33)$$

$$l = 2 \cdot 584 + \frac{3.14(180 + 112)}{2} + \frac{(180 - 112)^2}{4} \cdot 584 = 1168 + 458 + 2 = 1628 \text{ мм.}$$

Оцінку довговічності паса проอดим за частотою його пробігів

$$i = \frac{\vartheta}{l} = 9.45 \cdot \frac{10^3}{1628} = 5.6 < [i] = 6 \text{ с}^{-1}. \quad (3.34)$$

Для розрахунку вибраного паса на тягову здатність беремо оптимальне питоме навантаження, яке може передати пас одиничної ширини і $f_t = 8.3$ Н/мм при питомій силі поперечного натягу двох віток паса, яка припадає на одну одиницю товщини однієї прокладки $f_0 = 2.25$ Н/мм.

Визначаємо допустиме питоме корисне навантаження

$$[if_t] = if_t \cdot C_j \cdot C_\alpha \cdot C_V \cdot C_P = 8.3 \cdot 1 \cdot 0.95 \cdot 0.98 \cdot 0.75 = 5.8 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}. \quad (3.35)$$

Тут вибрані такі значення розрахункових коефіцієнтів

$$C_j = 1; C_P = 0.75; C_\alpha = 1 - 0.003(180 - \alpha_2) = 1 - 0.003(180 - 173) = 0.98$$

Потрібна ширина паса

$$b = \frac{F_t}{[if_t]} = \frac{317}{5.8} = 54.7 \text{ мм} \quad (3.36)$$

Вибираємо стандартну ширину паса $b=60$ мм

Площа поперечного перетину паса

$$A = b \cdot \delta = 60 \cdot 4.5 = 270 \text{ мм}^2 \quad (3.37)$$

Потрібна сила поперечного натягу віток паса

$$F_0 = f_0 \cdot i \cdot b = 2.25 \cdot 3 \cdot 60 = 405 \text{ Н.} \quad (3.38)$$

Знаходимо навантаження на обидва вали пасової передачі

$$R = 2F_0 \cdot \sin \frac{\alpha_2}{2} = 2 \cdot 405 \cdot \sin \frac{173^\circ}{2} = 808 \text{ Н.} \quad (3.39)$$

Для визначення терміну служби паса визначимо складові максимального напруження попереднього натягу

$$\sigma_0 = \frac{F_0}{A} = \frac{405}{270} = 1.5 \text{ МПа}; \quad (3.40)$$

Напруження від робочого (корисного) навантаження

$$\sigma_t = \frac{F_0}{A} = \frac{317}{270} = 1.2 \text{ МПа}; \quad (3.41)$$

Напруження, що виникає від дії відцентрової сили

$$\sigma_v = 10^{-6} \cdot \rho \cdot g^2 = 10^{-6} \cdot 1.15 \cdot 10^3 \cdot 9.45^2 = 0.1 \text{ МПа}; \quad (3.42)$$

де $\rho = 1.15 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ – густина матеріалу паса.

Згинальне напруження в пасі

$$\sigma_{зг} = E \cdot \frac{\delta}{d_1} = 300 \cdot \frac{4.5}{112} = 12 \text{ МПа}. \quad (3.43)$$

де $E = 300 \text{ МПа}$ – модуль пружності першого роду матеріалу паса.

Знаходимо максимальне результуюче напруження в пасі

$$\sigma_{\max} = \sigma_0 + 0.5 \cdot \sigma_t + \sigma_v + \sigma_{зг} = 1.5 + 0.5 \cdot 1.2 + 0.1 + 12 = 14.2 \text{ МПа}. \quad (3.44)$$

При границі витривалості $\sigma_N = 7 \text{ МПа}$, показнику степеня для кривої втоми $m=6$, числі шківів $n=2$ та $V=0.5$ строк служби паса

$$h = \frac{10^7 \left(\frac{\sigma_N}{\sigma_{\max}} \right)^m}{3600} \cdot i \cdot n \cdot V = \left(\frac{10^7}{14.2} \right)^6 \cdot \frac{1}{3600 \cdot 2 \cdot 0.5 \cdot 5.8} = 690 \text{ год} \quad (3.45)$$

Строк служби паса становить $h = 690 \text{ год}$.

3.5. Розрахунок опорних коліс мульчувача

На робочих секціях мульчувача встановлюють опорні колеса з гумовими пневматичними шинами (діаметр колеса 590 мм, ширина - 230 мм), на які навантаження діє лише під час виконання виключно технологічного процесу.

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

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

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

$$Q = 0.86^3 \sqrt{\frac{G^4}{qbd^2}}, \quad (3.46)$$

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

q – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, $q=2,0-4,0$ Н/см³ [7];

$b=230$ мм – ширина колеса,

d – діаметр колеса, 590мм.

З формули (1.4.31) визначаємо мінімальний діаметр колеса:

$$d = \sqrt{0.86^3 \frac{(G/4)^4}{q \cdot b \cdot Q^3}}, \quad (3.47)$$

$$d = \sqrt{0.86^3 \frac{(8200/4)^4}{4 \cdot 10^6 \cdot 0.23 \cdot 513^3}} = 0.214 \text{ м.}$$

Отже, колесо діаметром 590 мм, яке застосовувалось на мульчувачу базової конструкції підійде і для мульчувача нової конструкції.

Розрахуємо необхідний діаметр осі, на яку кріпитиметься опорне колесо робочої мульчувача польового ПМ-2.

На вісь колеса у небезпечному перетині діє згинальний момент:

$$M_B = R_G \cdot l_B, \quad (3.48)$$

де $R_G = R_0 \cos \beta$ - вертикальна складова опору ґрунту, Н (рис. 2.8);

l_B – плече дії сили R_G , м. $l_B = 0,120$ м

$$M_B = 1982 \cdot \cos(15^\circ) \cdot 0,12 = 63,17 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Діаметр осі у небезпечному перетині визначають за формулою [2]:

$$d_B \geq \sqrt[3]{M_B / 0,1[\sigma]}, \quad (3.49)$$

$$d_B \geq \sqrt[3]{63,17 / 0,1 \cdot 55} = 0,024 \text{ м}.$$

Отже, мінімальний діаметр осі колеса становить 24 мм.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Нормативно-правові акти з охорони праці

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закони України та Кодекс законів про працю України (КЗпП).

Законодавчими актами, що визначають основні положення з охорони праці є загальні закони України, а також спеціальні законодавчі акти, як, приймаються кабінетом Міністрів України, Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, Міністерством соціальної політики України, Міністерством охорони здоров'я й ін.

Крім законодавчих актів України, правові відносини у сфері охорони праці регулюються нормативно-правовими актами з охорони праці.

Нормативно-правові акти з охорони праці — це правила, норми, регламенти, положення, стандарти, інструкції та інші документи, обов'язкові для виконання.

Перелік законодавчих і нормативно-правових актів наведено в додатках. До найважливіших нормативно-правових актів із питань охорони праці відносять державні нормативні акти про охорону праці (ДНАОП).

Залежно від сфери дії ДНАОП можуть бути міжгалузевими або галузевими.

Державні міжгалузеві нормативні акти про охорону праці- це ДНАОП загальнодержавного користування, дія яких поширюється на всі підприємства, організації України незалежно від галузей належності.

Галузеві ДНАОП поширюються тільки на певну галузь у масштабі України і передбачають гарантії безпечних умов праці, що специфічні тільки для даної галузі.

ДНАОП поділяються на вісім видів уніфікованої форми для однакового застосування: правила; стандарти; норми; положення, статuti; інструкції, керівництва, вказівки; рекомендації, вимоги; технічні умови безпеки; переліки.

Згідно із Законом України "Про охорону праці" (ст. 28), нормативно-правові акти переглядаються в міру впровадження досягнень науки і техніки, що сприяють поліпшенню безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, але не рідше ніж один раз на десять років.

Державні нормативні акти (ДНАОП) потрібно відрізнити від відомчих документів про охорону праці (ВДОП), які можуть розроблятися на їх основі і затверджуватися міністерствами, відомствами України або асоціаціями, концернами та іншими об'єднаннями підприємств для конкретизації вимог ДНАОП відповідно до специфіки галузі.

Роботодавець або уповноважений ним орган розробляють на основі ДНАОП і затверджують власні положення, інструкції або інші нормативно-правові акти про охорону праці, що діють у межах підприємства. Відповідно до рекомендацій Держнаглядохоронпраці щодо Порядку опрацювання і затвердження нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві (наказ № 132 Державного комітету з нагляду за охороною праці від 12 грудня 1993 р.) до основних нормативних актів підприємства належать:

1. Положення про систему управління охороною праці на підприємстві;
2. Положення про службу охорони праці підприємства;
3. Положення про комісію з питань охорони праці підприємства;
4. Положення про роботу уповноваженого трудового колективу з питань охорони праці;
5. Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
6. Положення про організацію та проведення первинного і повторного інструктажів, а також пожежно-технічного мінімуму;
7. Наказ про порядок атестації робочих місць щодо їх відповідності

- нормативним актам про охорону праці;
8. Положення про організацію попереднього і періодичного медичного огляду працівників;
 9. Інструкції з охорони праці для працюючих за професіями і видами робіт;
 10. Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
 11. Перелік посадових осіб підприємства, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;
 12. Наказ про порядок забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Згідно з чинним нині в Україні Положенням про розробку інструкцій з охорони праці, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці 29 січня 1998 р. за № 9, передбачено періодичність перевірки інструкцій з охорони праці не рідше, ніж один раз на п'ять років, а інструкцій для працюючих за професіями або видами робіт, пов'язаними з підвищеною небезпекою - не рідше ніж раз на три роки.

4.2. Вимоги безпеки при роботі мульчувача польового

Конструктивне виконання машин та здійснення ними функціонального призначення повинні відповідати вимогам стандарту ДСТУ 2189-93 з урахуванням: загальних вимог безпеки згідно ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002; пожежної безпеки згідно з ГОСТ 12.1.004 та “Загальносоюзними правилами пожежної безпеки для об'єктів сільськогосподарського виробництва”; біологічної безпеки за ГОСТ 12.1.008; вимог до знаків безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026; вимог до загородження та блокіровок, а також до засобів малої механізації згідно з ГОСТ 12.2.042; ергономічних вимог згідно з ГОСТ 12.2.049. Кути поперечної статичної стійкості повинні бути: для машин у

агрегати з ЕЗ – не менше 30°; для машин, виконаних на базі тракторних причепів та напівпричепів – згідно з ГОСТ 1000-75; СГА з колесним енергозасобом (ЕЗ) повинен мати навантаження на керовані колеса не менше 0,2 від експлуатаційної маси ЕЗ.

Для забезпечення поздовжньої стійкості і необхідного навантаження на керовані колеса допускається встановлення баластних вантажів, маса кожного не повинна перевищувати 20 кг.

Наявність на причіпних, напівпричіпних машинах робочих та стоян очних гальм повинна бути встановлена у технічних умовах. Стоянкові гальма повинні утримувати машину на схилі не меншу 18 %. Устаткування робочими та стоянковими гальмами і страховими ланцюгами (тросами) типу тракторних причепів або напівпричепів є обов'язковим.

Навісні машини повинні мати швидкоз'єдніючі зчіпні пристрої. У технічно обґрунтованих випадках швидкоз'єднюючі зчіпні пристрої допускається не застосовувати.

Конструкція машин повинна забезпечувати можливість їх навішування та приєднання до ЕЗ одним оператором. Виняток обумовлюється в технічних умовах на машину.

Причіпні та напівпричіпні машини повинні мати жорсткі причіпні пристрої.

Машини, які призначені для роботи в гірських умовах, повинні бути устатковані зчіпною петлею, яка обертається навколо своєї поздовжньої осі.

Машини та робочі органи повинні бути устатковані механічними фіксаторами, які утримують їх у транспортному положенні.

Машини з перекидними кузовами повинні бути устатковані приладами для фіксації кузова у піднятому положенні (на одну із сторін або назад).

Елементи конструкції машин повинні забезпечувати безпечний та зручний підхід до них при монтажі, технічному обслуговуванні та ремонті.

На видних місцях елементів конструкції машин повинні бути написи, або закріплені таблички з написами з техніки безпеки, виробничої санітарії, пожежної безпеки та щодо розміщення важелів керування [14].

Обслуговуючий персонал мульчувача повинен бути навчений безпечним методам складання, експлуатації і усунення несправностей мульчувача, пройти інструктаж по заходах безпеки.

При підготовці до роботи потрібно впевнитись у повній працездатності трактора і агрегата.

Виконувати правила безпеки при агрегуванні мульчувача з трактором. При приєднанні мульчувача до трактора знаходження тракториста (сільгоспробочого) між тягами задньої начіпки трактора не допускається.

Не від'єднувати мульчувач від трактора, не поставивши захисні упори.

Не переводити мульчувач в транспортне положення при роботі.

Не пускати агрегат в роботу, не впевнившись у відсутності людей перед і під мульчувачем.

Не опускати агрегат в транспортне положення, не впевнившись у відсутності людей в зоні опускання.

Не починати рух агрегату заднім ходом, якщо мульчувач знаходиться в робочому положенні.

Для знаходження під мульчувачем:

- перевести мульчувач в транспортне положення;
- установити захисні упори на циліндри бункера і опорно-привідних коліс;
- перевести рукоятку управління опорного стояка в нерухоме положення і впевнившись, що опора щільно і без перекосів зажати;
- опустити задню начіпку трактора, підкласти упори із підручного матеріалу під колеса;
- заглушити двигун трактора.

При транспортуванні саджалки в агрегаті з трактором:

- встановити запобіжні упори на ходові колеса;
- підняти стійки, у верхнє положення і зафіксувати їх.

Швидкість при транспортуванні не повинна перевищувати 20 км/год, при роботі – 12 км/год, на розворотах – до 6 км/год.

Транспортування мульчувача по дорогах загального користування проводити у відповідності з Правилами дорожнього руху.

Виконання позначених правил обов'язкове для осіб, які обслуговують мульчувач.

Забороняється допускати до роботи осіб, які не мають посвідчення тракториста-машиніста сільськогосподарського виробництва та не пройшли інструктаж по безпеці праці при роботі з мульчувачем.

Забороняється проводити ремонт, регулювання та змащення мульчувача при працюючому двигуні трактора, на схилах, а також при піднятому та незафіксованому положенні мульчувача.

Забороняється експлуатувати мульчувач без захисних засобів, фартухів.

Перш ніж включати робочі органи і починати рух, перевірте, чи вільний шлях, упевніться, що біля мульчувача немає людей. Подайте попереджувальний сигнал.

Перед роботою перевірте дію механізмів на холостому ході.

Працюйте в спецодязі.

Не дозволяється робота мульчувача в охоронній зоні лінії електропередач.

Забороняється робота мульчувача на непідготовлених полях, засмічених камінням та металевими предметами.

Не торкайтесь робочих органів машини при працюючому двигуні трактора.

Не допускайте присутності людей перед працюючим мульчувачем і в зоні розкидання рослинних залишків.

Не залишайте мульчувач у піднятому положенні (під час тривалої

зупинки, зберігання та транспортних переїздів), не зафіксувавши його.

Коли з'явився стукіт або інші сигнали несправності, мульчувач потрібно зупинити, а несправності усунути. Робота на несправному мульчувачі забороняється.

Забороняється експлуатувати мульчувач з розбалансованим ротором. Дисбаланс може бути викликаний відсутністю ножа або його частини.

Не знімайте захисні кожухи, не відкривайте кришки ротора до повної зупинки робочих органів (3 ÷ 5 хв після зупинки ВВП трактора).

Не залишайте на мульчувачі після ремонту інструмент чи інші предмети. Попадання їх у робочі органи може призвести до аварії.

Під час монтажних, складальних чи вантажно-розвантажувальних робіт мульчувач та його частини піднімайте за допомогою вантажопідійомних засобів.

Транспортуйте мульчувач дорогами загального користування відповідно з діючими «Правилами дорожнього руху».

Швидкість транспортування не повинна перевищувати 20 км/год .

Під час транспортних переїздів по землі швидкість не повинна перевищувати 8 км/год, а під час руху під уклон - 4 км/год.

Забороняється обгін транспорту в умовах обмеженої видимості та в нічний час.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота бакалавра стосується удосконалення технологічного процесу подрібнення та розкидання рослинних залишків по полю начіпним мульчувачем з підвищення його техніко – експлуатаційних показників .

Розроблений варіант удосконалення конструкції польового мульчувача характеризується оптимізованим розташуванням ріжучих елементів на валу ротора, що дозволяє відмовитись від застосування додаткових балансирних вантажів, зменшити, при потребі, частоту обертання ротора мульчувача, що зменшить вібраційне динамічне навантаження на опори ротора.

Запропоновано нову конструкцію ріжучого ножа. При застосуванні ножів запропонованої конструкції подрібнення залишків відбувається при реалізації різання ковзанням, а не рубанням, як у базовій конструкції мульчувача.

Вдосконалена конструкція ріжучого органу (ножа) дозволяє також зробити заміну ножа агрегату доступною, швидкою та ефективною. Зношені або пошкоджені ножі запропонованої конструкції легше замінити та заточити. При цьому зменшується споживана потужність при роботі та збільшується продуктивність агрегату. Запропоновано зробити ножі самозаточувальними.

Впровадження запропонованих рішень дозволяє зменшити частоту обертання ротора мульчувача (або підвищити робочу швидкість руху агрегату при базовій частоті обертання ротора), знизити вібраційні динамічні навантаження на опори ротора і, як наслідок, підвищити продуктивність та надійність агрегату, зменшити витрати робочого часу на обслуговування мульчувача польового.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гайченко В.А. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2002. – 232с.
2. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
3. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.
4. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г.Войтюка. – Суми: Університетська книга, 2008. - 543 с.
5. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / За ред. С.Д. Лахмана. – Київ: Урожай, 1990. – 396 с.
6. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. А.Ф. Головчука. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. – К.: Грамота, 2005. – 576 с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
8. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень/ Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін. / За ред. Р.Н. Кветного. – У двох част. – Вінниця: ВНТУ, 2012.
9. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів: Навчальний посібник. – Львів: «Новий Світ-2000», 2018. – 264 с.
10. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.
11. Машини для рільництва. П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропивний / За ред. М.І. Черновола. -К.: Урожай, 2001.-384с.

12. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. / За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
13. Момот Д. І., Янчевський І. В. Механічні передачі. Розрахунок на міцність і проектування приводів машин: Навч.-метод. посібник. – Харків: Вид-во ХНАДУ, 2011. – 248 с.
14. Мульчувач ПН-2. Інструкція з експлуатації та технічного обслуговування. – Біла Церква: ТОВ НВП «БІЛОЦЕРКІВМАЗ», 2007. – 48 с.
15. Примак І.Д. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примак, Ю.П. Манько, Н.М. Рідей, В.А. Мазур, В.І. Горшар, О.В. Конопльов, С.П. Паламарчук; О.І. Примак. – За ред. І.Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456с.
16. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред.. О.І. Зінченка. – К Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
17. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
18. Сисолін П.В. Методи проектування сільськогосподарських машин для полеводства. – К.: Темплан, 1993. – 152 с.
19. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Т.1. Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
20. Шаповалов В.И. Механизация уборки незерновой части урожая зерновых культур путем разработки и внедрения в производство гибких технических средств к зерноуборочным комбайнам. – Луганск: Світлиця, 2002. - 284 с.
21. <https://blagos.com.ua>

ДОДАТКИ