

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Механіко-технологічний факультет

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
Машиновикористання в землеробстві  
доц. \_\_\_\_\_ Володимир КУВАЧОВ  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломної роботи здобувача СВО Магістр  
(ступінь вищої освіти)

**Литвиненка Іллі Володимировича**

на тему: **«ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ АГРЕГАТУ ДЛЯ  
ВНЕСЕННЯ КОНСЕРВАНТІВ ПРИ ЗҐРІБАННІ ТА ВОРУШІННІ СІНА У  
ВАЛКАХ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ»**

**31МЗД.034.000000ПЗ**

Виконав: здобувач ВО 2 курсу, групи 21 МБ АІ  
спеціальності 208 Агроінженерія  
за ОПІ Агроінженерія  
(шифр і назва спеціальності та ОПІ)

\_\_\_\_\_ Ілля Литвиненко

Керівник доц. \_\_\_\_\_

Консультант проф. \_\_\_\_\_ Юрій РОГАЧ

Нормоконтроль доц. \_\_\_\_\_ Тетяна ЧОРНА

Рецензент \_\_\_\_\_

**Мелітополь  
2021**



5. Перелік графічного матеріалу:

1. Загальний вигляд граблі-ворушки ВЦН-Ф-30.
2. Дослідження процесу розпилення консервантів.
3. Розподіл повної швидкості у середині камери змішування відцентрово-струминної форсунки.
4. Розподіл швидкості рідини уздовж радіуса соплового отвору форсунки.
5. Розподіл повної швидкості рідини уздовж радіуса соплового отвору.
6. Схема та твердотільна модель форсунки.
7. Порівняльна оцінка економічної ефективності вдосконалення

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Рогач Юрій Петрович, к.т.н., професор		

7. Дата видачі завдання 10.10.2020 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ. Технології заготівлі сіна з люцерни та технічні засоби для їх реалізації.	21.12.2020 р. 29.12.2020 р.	
2	Обґрунтування основних параметрів пристрою для внесення консервантів.	30.12.2020 р. 06.01.2021 р.	
3	Розрахунок параметрів та режимів роботи обертача.	07.01.2021 р. 14.01.2021 р.	
4	Застосування САПР при розробці конструкції пристрою для внесення консервантів.	15.01.2021 р. 18.01.2021 р.	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.01.2021 р. 22.01.2021 р.	
6	Економічна ефективність розробки	19.01.2021 р. 22.01.2021 р.	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Ілля ЛИТВИНЕНКО

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ТЕХНОЛОГІЇ ЗАГОТІВЛІ СІНА З ЛЮЦЕРНИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ .....	9
1.1. Механіко-технологічні властивості кормових трав.....	9
1.2 Основні способи заготівлі сіна з люцерни.....	10
1.3 Операційна технологія ворушіння сіна з внесенням консервантів.....	12
1.4 Аналіз технічних засобів для заготівлі сіні .....	14
1.5 Обґрунтування необхідності удосконалення конструкції існуючої машини.....	25
1.6 Опис удосконаленої машини.....	29
2. ОБґРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ КОНСЕРВАНТІВ .....	36
2.1 Дослідження процесу розпилення рідини.....	36
2.2 Вплив розмірів краплин на ефективність обприскування і обґрунтування оптимальної дисперсності.....	37
2.3 Вибір та обґрунтування пристроїв для внесення консервантів.....	43
2.4 Обґрунтування параметрів баку.....	48
2.5 Обґрунтування параметрів розпилювальних пристроїв.....	49
3. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОГО ОБЕРТАЧА.....	52
3.1 Параметри та режими роботи обертача валків.....	52
3.2. Дослідження процесу руху потоків рідини в форсунці.....	57
4 ЗАСТОСУВАННЯ САПР ПРИ РОЗРОБЦІ КОНСТРУКЦІЇ ОБЕРТАЧА ВАЛКІВ СІНА.....	68
4.1 Основні передумови виникнення САПР.....	68
4.2. Види забезпечення САПР.....	68
4.3 Класифікація САПР.....	69
4.4. Побудова корпусу клапана в системі SOLID EDGE.....	73
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	80
5.1. Загальні вимоги.....	80
5.2. Контроль якості атмосферного повітря.....	80
5.3. Охорона джерел водопостачання.....	81
5.4. Захист ґрунту.....	81
5.5. Запобіжні заходи під час перевезення консервантів.....	82
5.6. Запобіжні заходи при зберіганні і відпуску консервантів.....	83
5.7. Засоби індивідуального захисту.....	86
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ.....	88
ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	95
ДОДАТОК	

## РЕФЕРАТ

**Дипломна робота:** 96 сторінок машинописного тексту, 8 таблиць, 27 рисунків.

**Графічна частина роботи:** 7 листів формату А-4.

**Об'єктом досліджень** є вдосконалення технологічного процесу заготівлі сіна з люцерни.

**Предметом досліджень** у роботі є вдосконалення технологічного процесу заготівлі сіна з люцерни та технічні засоби для їх реалізації..

В роботі зроблено наступне:

- наведено технології заготівлі сіна з люцерни та технічні засоби для їх реалізації;
- представлено обґрунтування основних параметрів пристрою для внесення консервантів.
- визначаємо параметри та режими роботи удосконаленого обертача.
- представлено використання САПР при розробці конструкції обертача валків.
- розглянуто охорону праці і розроблено способи захисту навколишнього середовища.
- розраховано економічну ефективність розробки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЛЮЦЕРНА, ОБЕРТАЧ ВАЛКІВ, СІНО, ПОЖИВНА ЦІННІСТЬ, ВОЛОГІСТЬ, КОНСЕРВУЮЧІ РЕЧОВИНИ, ЗАГОТІВЛЯ СІНА, ФОРСУНКА.

## ВСТУП

Найважливішими галузями агропромислового комплексу є рослинництво і тваринництво.

Головне завдання рослинництва полягає у забезпеченні зростаючих потреб населення продуктами харчування, а тваринництва – кормами.

За рахунок комплексної механізації господарства мають змогу збільшувати урожайність сільськогосподарських культур, удосконалювати структуру посівів.

Одним з найбільш цінних кормів для тваринництва в зимовий період є сіно, особливо з багаторічних бобових трав, до яких, в першу чергу, відносять люцерну та її суміші з іншими видами трав. Врожай сіна і його якість залежать від того, коли і яким способом збирають трави, а також від способів його сушіння і зберігання.

Поживна цінність сіна визначається насамперед вмістом в ньому білків, а також мінеральних солей та вітамінів. Вміст цих речовин в траві змінюється як в міру розвитку рослин, так і залежно від технології збиральних робіт (після скошування).

Якщо сіно довго лежить в покосах, в ньому зменшується вміст поживних речовин, а отже, й кормова цінність. Тому найважливішою умовою одержання високоякісного сіна є суворе дотримання агротехнічних вимог збирання трав на сіно щодо строків та тривалості збирання.

Сіно треба висушити до вологості 16...18%. Як недосушена, так і пересушена трава втрачає поживні речовини. Крім того, в пересушеному сіні легко втрачаються під час згрібання, ворухіння та при перевезенні найбільш поживні частини рослин – листя та суцвіття. Тому слід стежити, щоб скошена трава висихала рівномірно. Але не завжди погодні умови дозволяють оптимально висушити сіно. Тому застосовують хім. консерванти.

Ефективність консервантів залежить від дози, рівномірності змішування з сировиною, вологості останньої та інших операцій, які здійснюють при силосуванні кормів.

Хімічні препарати вносять у зелену масу начіпними обприскувачами під час завантаження сховища чи за допомогою спеціального обладнання в період скошування й подрібнення в полі.

Аналізуючи викладену інформацію ми бачимо, що даний процес – обробка сіна консервантами – є складним і трудомістким в зв'язку з необхідністю застосування спеціального складного обладнання. Необхідно досягти мінімальних затрат механічних і трудових ресурсів. Дану задачу можна вирішити, здійснивши обробку скошеної трави консервантами в процесі ворущіння її в полі. Для цього я пропоную удосконалити ворущилку так, щоб при виконанні перевертання валків люцерни одночасно обробляти її хімічними, або біологічними рідкими консервантами. Це дасть змогу покращити зберігання трави саме на відкритому повітрі і зменшити затрати праці і коштів на обробку.

Отже, дослідження процесу внесення консервуючих речовин при перевертанні валків сіна та розробка конструкції для внесення рідких консервантів є актуальними та своєчасними питаннями.

Метою роботи є підвищення якості та зниження собівартості сіна при його заготівлі шляхом внесення консервуючих речовин в процесі перевертання валків та обґрунтування раціональних параметрів і режимів роботи технічного засобу для виконання цих операцій.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити фізико-механічні властивості люцернового сіна;
- проаналізувати способи заготівлі сіна та технічні засоби для їх реалізації;
- визначити раціональний спосіб заготівлі сіна та обґрунтувати комплекс машин для його здійснення;
- дослідити процес внесення рідких консервантів в валок та теоретично обґрунтувати параметри робочих органів;
- змоделювати процес внесення рідких консервантів з застосуванням сучасних комп'ютерних технологій;

- розробити конструкцію пристрою для внесення рідких консервантів при перевертанні валків сіна;
- визначити економічну доцільність розробки.

Новизна проведених досліджень полягає в суміщенні операцій внесення рідких консервантів та перевертання валків сіна; створенні твердотільної моделі форсунки та її дослідження; розробці конструкції універсального пристрою для перевертання валків сіна з одночасним внесенням рідких консервантів.



# 1. ТЕХНОЛОГІЇ ЗАГОТІВЛІ СИНА З ЛЮЦЕРНИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ

## 1.1. Механіко-технологічні властивості кормових трав

Суттєвим джерелом поповнення кормового білка в раціонах згодовування сільськогосподарським тваринам є вирощування люцерни, однієї із найдавніших кормових культур. На даний час люцерну вирощують практично у всіх кліматичних зонах.

Люцерна вважається однією з найкращих кормових культур не тільки із-за високої продуктивності, але і завдяки її поживності (таблиця 1.2).

По мірі відростання люцерни, вміст в ній сухої речовини збільшується в середньому від 18 до 35%, вміст протеїну знижується від 32 до 15,5%, а вміст клітчатки збільшується від 15,5 до 38%.

Таблиця 1.2. Поживність люцерни та інших кормових культур

Культура	Вміст в 1 кг зеленої маси				
	кормових одиниць, кг	перетравног о білку, г	кальцію , г	фосфору , г	каротину , г
Люцерна посівна	0,18	37	3,89	0,60	40
Конюшина	0,16	26	2,87	0,62	40
Конюшина біла	0,13	24	1,67	0,34	31
Еспарцет	0,19	31	2,39	0,60	37
Донник білий	0,24	36	4,36	0,50	18
Лядвенець	0,16	25	3,87	0,72	20
Кукурудза	0,17	12	1,08	0,44	26
Однорічні трави	0,16	22	1,06	0,61	32

Більше поживних речовин в рослинах знаходиться на ранніх фазах їх розвитку. Однак збирання люцерни до її бутонізації призводить до різкого зниження врожаю при наступних укосах. Якщо ж її збирати в більш пізніх фазах розвитку рослин (особливо після 50% цвітіння), то якість одержаних кормів погіршиться із-за зменшення в них кількості поживних речовин та підвищеного вмісту клітчатки. Так, перетравність сухої речовини люцерни за п'ять укосів знижується в середньому від 72% у фазі бутонізації до 58% в період цвітіння.

Для одержання високоякісного корму із люцерни, збирання необхідно

проводити в період, коли рослини найбільш збалансовані по вмісту поживних речовин, а саме у фазу бутонізації, при максимальному збереженні листя.

## **1.2 Основні способи заготівлі сіна з люцерни**

Успішний розвиток тваринництва значною мірою залежить від розвитку і стабільності кормової бази, яка є системою виробництва кормів і використання їх для сільськогосподарських тварин.

Раціонально організована кормова база має відповідати таким основним вимогам: повне і безперервне забезпечення тварин повноцінними кормами впродовж року, одержання високоякісних і дешевих кормів, випереджальне виробництво кормів порівняно зі зростанням поголів'я тварин, створення страхових запасів кормів на випадок неврожаю.

Основними кормовими продуктами для сільськогосподарських тварин є корми рослинного походження. До них належать грубі, соковиті, зелені, концентровані корми та кормові відходи і технічних виробництв.

Склад і поживність кормів залежать від природних і ґрунтових умов, а також від рівня агротехніки, періоду вегетації при збиранні та технології заготівлі й зберігання кормів.

Для заготівлі кормів широко використовують трав'янисті рослини (кормові трави) у вигляді сіна, силосу, сінажу, свіжого зеленого корму, трав'яного борошна, трав'яної пасти та іноді зерна. Отже, без належного рівня механізації технологічних процесів при заготівлі кормів не можна своєчасно і якісно виконати потрібні обсяги робіт. Залежно від природно-кліматичних зон і господарських умов застосовують різні способи заготівлі кормів. Вибираючи їх, слід ураховувати умови збирання, врожайність, площі масивів, вид і поголів'я тварин та інші чинники.

У сучасному сільськогосподарському виробництві застосовують такі способи заготівлі трав і силосних культур:

1. Заготівля розсипного сіна. Цей спосіб передбачає: скошування трав, сушіння в покосах, ворущіння, згрібання сіна у валки, перевертання валків, підбирання валків з утворенням копиць, підбирання копиць і

транспортування до місць скиртування, укладання сіна у стоги та скирти. Такий спосіб неекономічний, оскільки не дає змоги одержати сіно високої якості.

2. Заготівля пресованого сіна. Цей спосіб прогресивніший. Траву після скошування, сушіння і згрібання у валки підбирають з одночасним пресуванням у паки. Збирають і пресують сіно при його вологості не більше ніж 25%. Залежно від умов паки досушують у полі або підбирають безпосередньо у транспортні засоби, перевозять до місць зберігання і досушують у штабеля активним вентиляванням.

3. Збирання трав і силосних культур з подрібненням. Силос, сінаж і трав'яне борошно готують з подрібнених рослин.

Для отримання силосу скошену і подрібнену зелену масу закладають у траншеї або силосні башти, де її перед герметизацією ущільнюють.

Технологія приготування сінажу передбачає закладання пров'яленої до 50...55% та подрібненої до 3 см маси в башти або інші герметизовані споруди.

Трав'яне борошно одержують також із подрібнених до 3 см рослин, висушених до вологості 8...12% у високотемпературних сушарках. Після розмелювання масу гранулюють або зберігають у розсипному вигляді (сінне, вітамінне борошно).

*Основні агротехнічні вимоги.* Під час збирання трав слід дотримуватися певних агротехнічних вимог.

Перший укіс бобових трав починати в стадії бутонізації, лучних – на печатку цвітіння, а злакових – при появі колосків.

Косовицю проводити протягом 5...7 днів, а на низинних луках, плавнях болотах – 7...10 днів.

Під час косіння забезпечувати оптимальну висоту зрізу: для природних трав у степовій зоні – 4,0...4,5 см, а в лісолучній і лісостеповій зонах – 5...6 см. Отаву осіннього укусу зрізати на висоту 6...7 см, а сіяні багаторічні трави – 7...9 см.

Під час сушіння трави і згрібання сіна стежити за тим, щоб не було втрат.

Сінозбиральні машини не повинні надмірно ворушити, перетрушувати і засмічувати сіно. У пересохлому сіні обламується багато листя, а у вологому – розвиваються мікроорганізми, які руйнують поживні речовини.

Машини мають забезпечувати укладання трави у прямолінійні рядки або валки, правильне перевертання валків на півоберта для прискорення сушіння нижніх шарів, а також повне збирання сіна кондиційної вологості.

Копиці сіна мають бути правильної форми. Маса копиці у степовій зоні має становити 300...500 кг, а у лісолучній – 50...150 кг.

### **1.3 Операційна технологія воршіння сіна з внесенням консервантів**

Інтенсивною технологією передбачено використання, насамперед, високопродуктивних сортів, застосування добрив в оптимальних дозах, дотримання визначених строків та способів сівби, прийомів догляду за рослинами і вчасне збирання урожаю. Добрива вносять під запланований урожай з урахуванням наявності поживних речовин у ґрунті та виносу з майбутнім урожаем. Весь комплекс заходів виконують згідно з технологічною картою вирощування люцерни на корм.

*Використання на корм.* Люцерна після скошування здатна утворювати нові пагони й залежно від зони вирощування, забезпечення вологою, теплом та поживними речовинами формувати за вегетацію 2...3 урожаї. Зелену масу використовують як складову частину раціонів худоби протягом 120 днів і більше. Проте згодовування її тваринам з однокамерним шлунком (свині, птиця та ін.) обмежене через вміст сапонінів, яку розладнують травлення.

З люцерни виготовляють трав'яне борошно, січку, кормові брикети, сінаж, силос, білково-вітамінні концентрати тощо. Сіно готують переважно з люцерно-злакових сумішок.

В які ж фази розвитку рослин їх доцільно скошувати для приготування кормів високої якості?

Найбільше протеїну, незамінних амінокислот, вітамінів і пігментів містять листки. Хоч частка їх із старінням рослини зменшується, але кількість

поживних речовин у врожаї незначно змінюється. У стеблах і в усій рослині помітної зростає вміст клітковини й зменшується протеїну та інших поживних і біологічно активних речовин. Вміст білка й основних амінокислот у люцерні синьогібридній в міру старіння рослин зменшується.

Отже, у ранні фази розвитку рослини мають найцінніший амінокислотний склад. Урожай зеленої маси підвищується з початку відростання стебел до повного цвітіння. Щоб одержати більше вітамінного корму (трав'яна січка, гранули, брикети, білково-вітамінні концентрати тощо), травостої доцільно скошувати у фазі бутонізації, на сінаж – до початку масового цвітіння.

При інтенсивному використанні травостою послаблюються ріст і розвиток рослин, він швидко зріджується, знижується продуктивність. Так, за даними Полтавської дослідної станції, люцерна, яку підкошували через кожні 10 і 20 днів, взимку випала відповідно на 85...100 і 48...98%. Урожай зеленої маси за два роки використання при підкошуванні через кожні 20 днів становив 165, через 40 днів – 402 ц/га. Отже, люцерну доцільно скошувати з інтервалом 35...40 днів на висоті 6...8 см.

Для підвищення продуктивності, довговічності її косять у різні строки, розбиваючи поле на чотири-п'ять ділянок. Першу косять не пізніше початку бутонізації, останню – у період масового цвітіння. На кожній ділянці зелену масу збирають протягом чотирьох-п'яти днів. Строки наступних укосів на ділянках чергують. Там, де травостій рано підкосили, останній укіс здійснюють у період початок – масове цвітіння. Такий порядок скошування дає можливість зелену масу кожного укосу використовувати протягом 18...20 днів.

Люцерну збирають самохідними комбайнами КСК-100А, КСК-Ф-250-1, Е-281С, Е-282, причіпними комбайнами КПИ-2,4, КПКУ-75.

Люцерну на сіно косять косарками-плющилками КПРН-3,0А, КПС-5Б, Е-302, Е-303 та косарками СКП-10, КС-Ф-2,1. Покоси перевертають граблями ФЦН-Ф-3, ГП-10, ГП2-14А, ГПП-6,0 і ВК-6,0А. Для підбирання валків і формування скірт сіна використовують підбирач-стогоукладач СПТ-60, для навантаження і перевезення – причіп-стоговіз СП-60. Високоякісне сіно

люцерни також готують за допомогою високопродуктивної установки УВС-16А з наступним досушуванням його в скиртах методом активного вентилявання.

#### **1.4 Аналіз технічних засобів для заготівлі сіні**

Машина для заготівлі кормів можна поділити на дві основні групи: для заготівлі трав на сіно і сінаж та для заготівлі силосу і свіжої подрібненої зеленої маси.

*Класифікують їх за такими ознаками:*

- *за способом агрегування – причіпні, начіпні, напівначіпні та самохідні;*
- *за типом різального чи подрібнювального апарата – сегментно-пальцьові, дискові, ротаційні та барабанні;*
- *за кількістю різальних апаратів – одно-, дво-, три- та багатобрусні;*
- *за формуванням зрізаної маси – покісні та порційні.*

Залежно від технології заготівлі кормів використовують певний комплекс кормозбиральних машин. Під час заготівлі трав на сіно застосовують косарки, ворушилки, граблі, підбирачі-копнувачі, прес-підбирачі, волокуші, копицевози, стогоклади, стогоутворювачі, пакопідбирачі, стаціонарні преси, вентилявані сіноховища.

Комплекс машин для збирання трав на сінаж складається з косарок-плющилок, підбирачів-подрібнювачів-навантажувачів, транспортних візків і пневматичних транспортерів.

Для подрібнення зеленої маси, яка використовується для згодовування тваринам без зберігання та заготівлі силосу на зимовий період, застосовують косарки-подрібнювачі, підбирачі-подрібнювачі, косарки-плющилки, силосозбиральні та інші кормозбиральні комбайни і комплекси.

*Граблі, підбирачі та преси.* Для заготівлі сіна сучасні технології передбачають використання комплексу сінозбиральних машин: граблів, сіноворушилок, ворушилок-розпушувачів, ворушилок-валкоутворювачів, підбирачів-копнувачів, копицевозів, волокуш, стогокладів,

стоогоутворювачів, прес-підбирачів, пакопідбирачів, стаціонарних пресів і вентиляованих сіноскловищ.

Граблі призначені для згрібання прив'яленої чи свіжоскошеної трави з покосів у валки, ворущіння трав у покосах, перевертання (обертання) та розкидання валків. Тракторні граблі можуть бути причіпними, напівначіпними та начіпними.

За характером утворення валків їх поділяють на поперечні і бокові. Залежно від конструкції робочих органів граблі бувають зубові поперечні, роторні та колісно-пальцьові. Зубові поперечні граблі згрібають сіно у валки, які розміщені впоперек до напрямку руху агрегату, а роторні та колісно-пальцьові – у поздовжні валки.

Для згрібання трави чи сіна у поперечні валки використовують причіпні поперечні ГП-14 і ГП-Ф-16 та напівначіпні ГП-Ф-10 і ГПП-6 граблі. На невеликих ділянках можна працювати їх середньою секцією.

Граблі складаються з грабельних апаратів 2, які шарнірно закріплені на трьох секціях рами 1. До середньої секції кріпиться сниця 7 для приєднання граблів до трактора. У робочому положенні вони спираються на два ходових 4 і два самоустановлюваних колеса 9. Грабельні апарати мають зуби 10, вигнуті по логарифмічній спіралі. На брусах вони жорстко утримуються за допомогою зуботримачів. На поперечних трубах кожної секції встановлені очисні прутки 11.

Піднімання грабельного апарата під час викидання валка, а також переведення його у транспортне положення здійснюється двома автоматами 5. На сучасних граблях для цього призначені гідроциліндри.

Установлені на рамі зуби утворюють короб, у який сіно набирається під час руху граблів уздовж сінокоосу. При цьому сіно згортається у пухкий і компактний валок. Для згрібання сіна у поздовжні валки використовують причіпні граблі – колісно-пальцьові валкоутворювачі ГВК-6 та граблі – ротаційні зворушувачі-розпушувачі ГВР-6 їх застосовують також для ворущіння трави чи сіна у покосах, перевертання валків, утворених поперечними граблями.

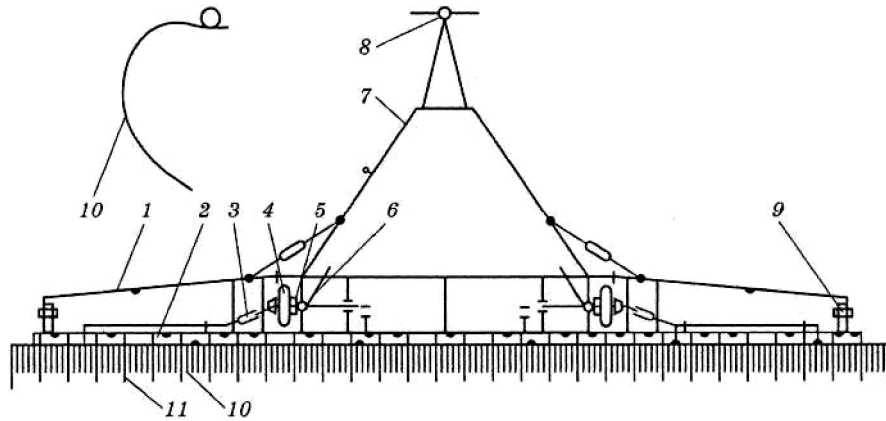


Рис. 1.1. Поперечні граблі ГІІ-14:

- 1 – рама; 2 – грабельний апарат; 3 – механізм піднімання грабельного апарату;  
 4 – ходове колесо; 5 – автомат піднімання; 6 – важіль вмикання автомата;  
 7 – сниця; 8 – причіп; 9 – самоустановлюване колесо; 10 – зуб;  
 11 – очисний прут

Колісно-пальцьові граблі ГВК-6 складаються з двох однакових за будовою секцій (правої і лівої), з'єднаних між собою зчіпкою 10. Секції можуть працювати роздільно. На кожній секції встановлено по шість пальцьових коліс 5 та два колеса 6 на зчіпці. Секція складається з рами 2, опорної труби 12, переднього 3 і заднього 4 брусів, механізму піднімання робочих коліс та трьох опорних пневматичних коліс 1. Робоче пальцьове колесо обладнано маточиною, ободом та пружинними пальцями, які з одного боку прикріплені до маточини, а з іншого – проходять крізь отвори обода і зігнуті проти напрямку руху. Робочі колеса набувають обертання внаслідок зчеплення пальців з ґрунтом.

Для згрібання сіна у валки раму кожної секції розміщують під кутом  $45...50^\circ$  до напрямку руху агрегату. Рами секцій з робочими пальцьовими колесами утворюють кут, напрямлений розхилом уперед. Завдяки розміщенню робочих коліс під кутом, обертаючись за рахунок зчеплення з ґрунтом і стернею, зміщують сіно до осьової лінії і утворюють валок 1,6...1,7



м завширшки, який лягає на розпушену двома центральними пальцьовими колесами смугу сіна.

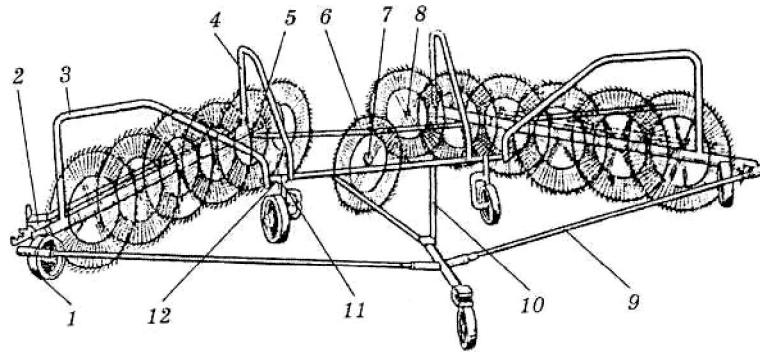


Рис. 1.2. Колісно-пальцьові граблі ГВК-6

1 – опорне пневматичне колесо; 2 – рама секції; 3 – передній брус; 4 – задній брус; 5 – бокове робоче пальцьове колесо; 6 – центральне робоче пальцьове колесо; 7 – кронштейн; 8 – вісь робочого колеса; 9 – бокова розсувна розтяжка; 10 – зчіпка; 11 – висувна труба; 12 – опорна труба

Під час ворущіння покосів чи сіна передні кінці секцій граблів зводять, а задні, навпаки, розводять. Для обертання валків використовують тільки одну секцію у такому самому положенні, як і для утворення валків.

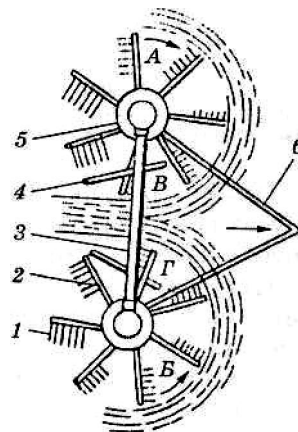


Рис. 1.3. Ротаційні граблі-розпушувачі ГВР-6Б

1 – пальці; 2 – граблина; 3 – поперечний брус; 4 – щиток; 5 – ротор; 6 – причіпний пристрій

Ширину валків (0,8...1,2 м) регулюють зміщенням секцій за допомогою розсувних бокових розтяжок 9.

Тиск робочих коліс 5 на ґрунт регулюють гвинтовим механізмом піднімання коліс.

Для згрібання трав чи сіна, обертання та розкидання валків сіна застосовують також ротаційні граблі.

*Ротаційні граблі-розпушувачі ГВР-6Б* складаються з двох роторів 5, двох щитків 4 для формування валка, чотирьох опорних коліс, причіпного пристрою 6 та механізму приводу. Ротор складається з диска, до якого прикріплено сім граблин 2. На штангах граблин закріплено пружинні пальці 1.

Під час роботи ротори, обертаючись від вала відбору потужності трактора, формують, обертають або розкидають валок, розпушують траву чи сіно в покосах.

*Підбирачі-копнувачі* призначені для підбирання сіна з валків, формування копиць циліндричної форми і укладання їх на полі.

*Підбирач-копнувач ПК-1,6А* складається з підбирача барабанного типу, похилого конвеєра, циліндричного копнувача з обертовим дном, проміжного нагромаджувача, двох опорних пневматичних коліс, гідросистеми та засобів сигналізації. Під час руху копнувача вздовж валка підбирач захоплює своїми пружинними зубами сіно і подає його на конвеєр, який нижньою гілкою піднімає сіно вгору і скидає у копнувач. Завдяки наявності обертового руху дна сіно у копнувач укладається гвинтовим шаром, рівномірно заповнюючи весь об'єм.

Для усунення тертя об стінки з лівого і правого боків копнувача є вертикальні обертові вальці, циліндрична поверхня яких дещо виступає всередину. Як тільки копнувач заповниться, під тиском верхнього шару сіна спеціальний щуп механізму вмикання вивантаження копиці повертається, відводяться упор дна і заскочки задньої рухомої стінки. Під дією ваги копиці дно повертається, одночасно з копицею відводиться задня стінка копнувача, яка падає на землю. Після цього дно і задня стінка під дією противаги повертаються у початкове положення. Дно разом з копицею обертається і під

час вивантаження. Це сприяє правильному оформленню копиці завдяки тертю її об циліндричну частину задньої відкидної стінки. Розмір копиці регулюють установленням щупа механізму автоматичного вивантаження копиці. Встановлення підбирача по висоті і переведення його у транспортне положення здійснюється за допомогою гідросистеми. Дно копнувача спирається на три ролики, змонтовані на рамі машини.

Підбирач-копнувач агрегують з тракторами тягового класу 0,9...1,4. Ширина захвату 1,6 м, місткість копнувача 13 м<sup>3</sup>, діаметр копиці 2,6 м, маса близько 400 кг. Продуктивність машини 9 т/год.

*Причіп-підбирач ТП-Ф-45* використовують для підбирання прив'язаної трави вологістю до 45%, сіна або соломи із валків з подрібненням або без подрібнення маси, подавання її в кузов, транспортування маси до місця скиртування та вивантаження. Цю машину можна використовувати також для перевезення силосу та грубих кормів.

Складається причіп з підбирача барабанного типу, подавального і подрібнювального апаратів, позовжнього вивантажувального конвеєра, подавального механізму, кузова місткістю 60 м<sup>3</sup>, гідросистеми і чотирьох опорних пневматичних коліс.

Агрегується з тракторами тягового класу 1,4. Продуктивність до 4,7 т/год.

*Підбирач-стогоутворювач СПТ-60А* підбирає валки сіна чи соломи, утворює копиці об'ємом до 60 м<sup>3</sup> і вивантажує їх на полі. Складається з підбирача барабанного типу, шнекового конвеєра, вентилятора, трубопроводу, камери, пресувального пристрою, виштовхувальної рамки і чотирьох опорних пневматичних коліс. Робочі органи підбирача приводяться в рух від вала відбору потужності трактора.

Агрегується з трактором тягового класу 3,0. Щільність пресування 45...90 кг/м<sup>3</sup>. Продуктивність машини до 18 т/год.

*Прес-підбирачі* застосовують для пресування сіна у паки циліндричної (рулонів) або прямокутної форми. Середня (за об'ємом) щільність сіна

становить 60...65 кг/м<sup>3</sup>, а пресованого і зв'язаного у паки – 200...400 кг/м<sup>3</sup>. Тому перевезення і зберігання непресованого сіна потребує громіздких транспортних засобів і сховищ. Спресоване у паки сіно зручне для перевезення, менше псується, його смакові і поживні властивості добре зберігаються, сіно легко обліковується та менш пожежонебезпечне.

Застосування прес-підбирачів скорочує кількість операцій на збиранні та зменшує витрати на 1 т зібраного сіна. Збирати сіно з валків з одночасним пресуванням у паки можна при його вологості 20...25 %. Якщо сіно пресують при більшій вологості, то його досушують у паках на полі або у провітрюваних приміщеннях.

Сучасні прес-підбирачі утворюють паки масою 25...50 кг (прямокутної форми) та до 750 кг (циліндричної форми).

*Прес-підбирач ППЛ-Ф-1,6М* призначений для підбирання валків сіна чи соломи і пресування у паки прямокутної форми (0,5 × 0,5 × 0,36 м) з одночасним автоматичним об'язуванням його шпагатом або дротом. Він складається з підбирача барабанного типу, пакувальників, пресувальної камери, пресувального поршня, в'язальних апаратів, механізму приводу робочих органів, двох опорних пневматичних коліс, лотка для вивантаження паків у транспортні засоби та причіпного пристрою.

В'язальні апарати встановлені над пресувальною камерою.

Під час руху машини підбирач підбирає валок сіна або соломи і спрямовує його до пакувальників, які подають масу сіна до вікна передньої частини пресувальної камери. Потім пресувальний поршень подає окремі порції сіна до дротів або шпагатів, які проходять через пресувальну камеру. Після закінчення формування пака мірне колесо включає в роботу в'язальні апарати, які зв'язують пак.

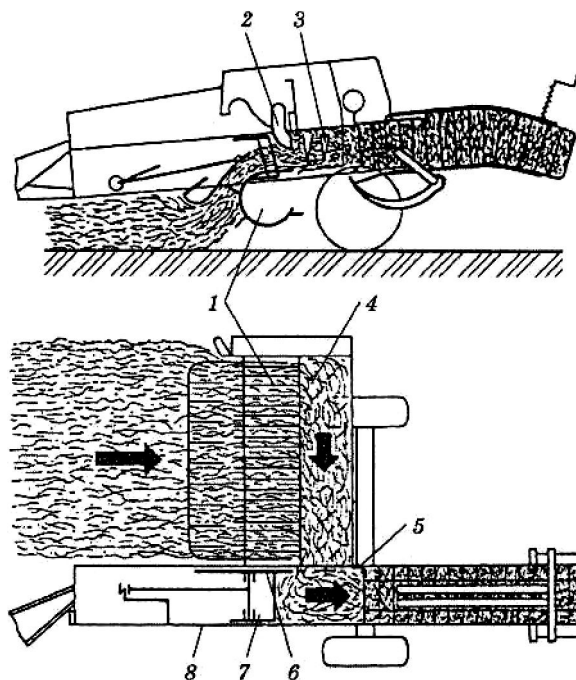


Рис.1.4. Поршневий прес-підбирач К-454В

1 – підбирач; 2 – подавальний пристрій; 3 – поперечний подавальний конвеєр; 4 – поперечна камера; 5 – протиризальна пластина; 6 – поршневий ніж;  
7 – поршень; 8 – пресувальна камера

Він наступними порціями сіна при формуванні нового пака поступово проштовхується до виходу і надходить до начіпного лотка, який подає паки у транспортний засіб або на стерню.

Щільність пресування пака (до  $200 \text{ кг/м}^3$ ) регулюється зміною поперечного перерізу вихідного отвору пресувальної камери спеціальними регулювальними гвинтами.

Довжину пака у межах 0,5...1,0 м регулюють заміною мірного колеса.

*Прес-підбирач К-454В* призначений для високої щільності пресування напівсухого і сухого сіна та соломи. Обладнаний лічильником тюків. Він складається з підбирача 1 барабанного типу, допоміжного подавального пристрою 2, поперечного подавального конвеєра 3, пресувального поршня 7, поршневого ножа 6 і протиризальної пластини 5. Ці робочі органи розміщені в камері 4 поперечного подавального пристрою та камері 8 пресувальних механізмів.

Під час переміщення машини підбирач 1 захоплює валок сіна чи соломи, подає його в поперечну приймальну камеру 4. За допомогою

поперечного подавального конвеєра 3 сінна маса спрямовується до пресувальної камери 8 через спеціальне бокове вікно, яке відкривається пресувальним поршнем 7 для формування об'єму пака. При зворотному ході поршня ця порція сіна ущільнюється, притискаючись до пресувального прутка, а стебла, що не потрапили до камери, відрізаються ножем 6 та протирізальною пластиною 5.

Після формування відрегульованої довжини пака спрацьовує механізм обв'язування і кілька окремих спресованих порцій сіна зв'язуються в один пак прямокутної форми.

Барабан підбирача та поперечний подавальний конвеєр приймальної камери захищені від перевантажень спеціальним пристроєм.

Вивантаження паків може здійснюватися:

- на полі (встановлюється скатна дошка);
- у приєднані причепа при ручному пакуванні (встановлюється скатний лоток);
- у паралельно рухомі транспортні засоби (встановлюється лоток для паралельного завантаження).

Машина обладнана лічильником паків. Передбачено встановлення додаткового правого колеса при підбиранні сіна на легких та вологих ґрунтах.

Щільність пересування паків регулюють стисканням спеціальних пружин та перестановкою шпинделів.

*Прес-підбирач рулонний ППР-110* призначений для підбирання сіна чи соломи із валка, пресування в паки циліндричної форми з обв'язуванням шпагатом. Агрегатується з тракторами тягового класу 0,9 і 1,4. Продуктивність на сіні 6 т/год. Параметри рулону: довжина 120 см, діаметр 110 см, маса 120...200 кг (сіно), 80... 130 кг (солома). Прес-підбирач складається з підбирача 8, на привідному валу якого встановлено фрикційну запобіжну муфту, та пресувальної камери 7, що має передню і задню частини.

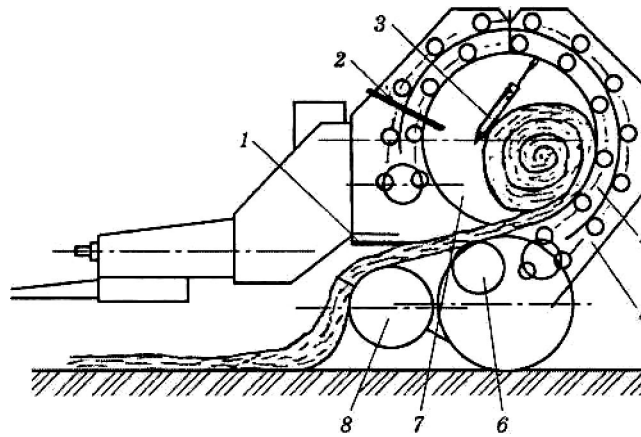


Рис.1.5. Рулонний прес-підбирач ППР-110

- 1 – притискна гребінка; 2 – стрілка; 3 – гідроциліндр; 4 – механізм пресування; 5 – задня камера; 6 – пресувальний барабан; 7 – пресувальна камера; 8 – підбирач

Підбирач боковинами шарнірно закріплений на корпусах підшипників пресувального барабана 6.

Підбирач піднімається гідроциліндром, установленим з правого боку машини, а опускається під дією сили тяжіння підбирача. В транспортному (піднятому) положенні підбирач фіксується з обох боків камери пресування спеціальними фіксаторами. В робочому (опущеному) положенні він опирається на ґрунт опорними колесами і підтримувальними пружинами.

У пресувальній камері утворюється рулон сіна. Передня частина її має ведучий вал з механізмами пресування 4 і шарнірно підвішену задню камеру 5, яка відкривається і закривається за допомогою гідроциліндра 3.

Задня частина пресувальної камери закривається і відкривається спеціальними додатковими гідроциліндрами, важелями і утримується в закритому положенні двома заскочками. Під час відкривання задньої камери вони відтягуються вперед пружинами. Із ланцюгом, який через пружину відтягує ліву заскочку, шарнірно зв'язане плече важеля стрілки 2 (покажчика щільності рулону). Цей покажчик сигналізує про закінчення формування рулону.

При відкриванні задньої камери через систему тяг і механізмів вимикається кулачкова муфта, завдяки чому всі механізми прес-підбирача зупиняються.

Механізм пресування призначений для закручування маси сіна в рулон і виконаний у вигляді двох замкнених ланцюгових контурів, з'єднаних між собою поперечними скалками, на кінцях яких встановлені опорні ролики.

Обв'язувальний апарат призначений для обв'язування рулону шпагатом і складається з механізму подачі шпагату і механізму приводу каретки. В процесі роботи каретка переміщується вліво, спеціальний нерухомий поводок захоплює шпагат і в крайньому положенні спеціальний ніж відрізує шпагат.

Гідросистема призначена для відкривання і закривання задньої камери і переведення підбирача з робочого положення в транспортне і навпаки. Вона складається з двох гідроциліндрів відкривання і закривання задньої камери, гідроциліндра піднімання прес-підбирача, рукавів високого тиску та з'єднувальної арматури. Якісна і надійна робота прес-підбирача забезпечується при ширині валка не більш як 1,2 м.

Технологічні регулювання. Запобіжна муфта приводу робочих органів регулюється на передачу крутного моменту 400...420 Н·м стисканням пружин, які притискають один до одного ведений і ведучий диски. Аналогічно регулюється запобіжна муфта підбирача на передачу крутного моменту 300...330Н·м.

Робоче положення підбирача регулюється у такий спосіб. Між кінцями пружинних пальців підбирача до поверхні ґрунту встановлюється відстань 20...50 мм. Це досягається суміщенням одного з двох отворів на трубчастому кронштейні боковини підбирача з відповідним отвором на стояку колеса. При цьому тиск на опорне колесо має бути 10...12 кг. Досягають цього двома різьбовими тягами з гайками натягуванням або послабленням пружин.

*Підбирач-укладач паків ГУТ-2,5А* призначений для підбирання з поля паків сіна чи соломи і укладання їх на спеціальну платформу в штабелі (172 паки), вивантаження їх у місцях зберігання або скиртування.

Агрегат має підбиральний механізм, приймальну платформу з поперечним конвеєром та платформами нагромадження паків. Продуктивність 5...10 т/год, агрегується з тракторами тягового класу 1,4.



*Пристрій для навантаження і укладання паків і рулонів ПТ-Ф-500* використовують для підбирання на полі та навантаження великогабаритних паків прямокутної форми і рулонів у транспортні засоби, розвантаження транспортних засобів, складання паків у скирти. Встановлюється на навантажувачах ПКУ-0,8 та ПФ-0,5Б.

### **1.5 Обґрунтування необхідності удосконалення конструкції існуючої машини**

Найдоцільніше згодувати тваринам корми в свіжому вигляді. Проте рослинні корми можуть бути використані свіжими лише в літній період (частково у весняний і осінній). Для забезпечення тварин рослинними кормами взимку їх консервують.

*Консервування*— це спеціальна обробка кормів, у результаті якої вони можуть тривалий час зберігатися, не втрачаючи при цьому поживної цінності. Відомо багато засобів консервування кормів, проте всі вони переважно зводяться до трьох: висушування (зневоднення), заквашування (силосування) та хімічного консервування.

*Висушування трави на сіно* – найпоширеніший спосіб її консервування. Раніше сіно заготовляли головним чином при висушуванні трави в полі, що повністю залежало від погодних умов. В останні роки почали широко застосовувати при заготівлі сіна хімічні консерванти, досушувати його методом активного вентилявання підігрітим повітрям і використовувати акумульовану сонячну енергію. Такі технологічні прийоми дозволяють заготовити високоякісне сіно при невисоких втратах поживних речовин.

Проте традиційні способи заготівлі сіна польового сушіння ще застосовуються на практиці. При цьому допускаються високі втрати корму, які досягають інколи 40...50%. Щоб цього запобігти, варто чітко знати можливі втрати поживних речовин при різних технологічних процесах заготівлі сіна.

Втрати поживних речовин при різних технологіях заготівлі сіна пов'язані з порушенням строків збирання трав і біохімічними ферментативно-окислювальними процесами (голодний обмін у клітинах

рослин і автоліз). Це й механічні втрати при технологічних процесах, втрати від вимивання при атмосферних опадах і в результаті мікробіологічних процесів.

Відомо, що при сушінні в полі на траву потрапляють з ґрунту та повітря різноманітні мікроорганізми. Після відмирання рослинних клітин і при достатній вологості мікроорганізми починають розвиватися, використовуючи поживні речовини сіна. Особливо швидко розвиваються плісеневі гриби після змочування сіна росою та дощем. Таке сіно після досушування часто „пилить”. Пилюка і є спорами мікроорганізмів.

За рахунок вимивання та діяльності мікроорганізмів може втрачатись 20...30% сухої речовини і до 55% протеїну, тоді як при хорошій погоді вони становлять лише 12...14%.

В останні роки все більшого значення надають хімічному консервуванню сіна. При цьому зменшується залежність заготівлі сіна від погодних умов, його можна зберігати з підвищеною вологістю. Для консервування сіна використовують різні хімічні консерванти – органічні кислоти та їх солі.

Консерванти при внесенні у сіно підвищеної вологості пригнічують ріст мікроорганізмів, тим самим запобігають його самозігріванню, зменшують втрати поживних речовин і псування корму при зберіганні. Для обробки сіна вологістю 20...25, 26...30 і 31...35% рекомендується вносити пропіонову кислоту відповідно в такій кількості: 1, 1,5 і 2%. Для консервування сіна використовують суміші пропіонової та оцтової кислот у співвідношенні 4:1, пропіонової кислоти з формальдегідом, концентрат низькомолекулярних жирних кислот (КНМК).

Недостатня ефективність консервування вологого сіна у великих рулонах при внесенні доз консервантів, рекомендованих для розсипного сіна, пояснюється нерівномірністю внесення їх у сіно, в результаті чого необроблені зони у рулонах зігріваються і пліснявіють. Рекомендується в сіно вологістю понад 25% у великих рулонах вносити консервантів у 2...3 рази більше, ніж у розсипне.

Хімічне консервування зелених кормів – це силосування з додаванням хімічних препаратів, які затримують розвиток гнильних та маслянокислих бактерій і сприяють одержанню силосу високої якості та зменшенню втрат поживних речовин, а також дають можливість зберегти частину цукру.

Біологічне консервування дозволяє за допомогою різних добавок до силосної маси спрямовано впливати на перебіг бродильних процесів і збагачувати корм цінними поживними речовинами.

Встановлено, що за ступенем збереження поживних речовин спосіб хімічного консервування займає друге місце після штучного сушіння трав. Втрати сухих речовин при різних способах консервування становлять (%): штучне висушування – 5...7, хімічне консервування – 10...13, силосування – 25...30.

Переваги хімічного консервування в тому, що воно дає можливість швидко заготовити велику кількість високобілкових рослинних кормів при мінімальних втратах поживних речовин навіть при несприятливих погодних умовах.

Хімічні речовини, які використовують для консервування кормів, за їх дією поділяють на три групи: мінеральні кислоти, органічні кислоти, антибактеріальні солі й газу.

*Мінеральні кислоти* (соляна, сірчана, фосфорна) підкисляють силосну масу до рН 3,8...4,2. При цьому створюється стійке середовище, що пригнічує розвиток гнильної, маслянокислої та іншої небажаної мікрофлори. Розвиток молочнокислих бактерій при цьому не стимулюється. У практиці кормовиробництва консервування мінеральними кислотами тепер застосовують дуже рідко, оскільки згодовування тваринам консервованого мінеральними кислотами силосу спричиняє захворювання (ацидоз, гіпомагnezія тощо), порушується обмін речовин.

Серед відомих консервантів нині найпоширеніші *органічні кислоти* (мурашина, пропіонова, оцтова, бензойна) та їхні суміші. Зазначені препарати та продукти їх розщеплення, що містяться у готовому кормі, не мають негативного впливу на здоров'я, відтворні функції тварин і якість одержуваної

від них продукції. За своїми властивостями пропіонова, мурашина, оцтова кислоти належать до летких жирних кислот, які містяться у силосі, сінажі та інших силосованих кормах, а також синтезуються мікроорганізмами в передшлунках жуйних тварин і є нормальними проміжними продуктами обміну речовин у їх організмі.

Ефективність консервантів залежить від дози, рівномірності змішування з сировиною, вологості останньої та інших операцій, які здійснюються при силосуванні кормів.

Хімічні препарати вносять у зелену масу начіпними обприскувачами під час завантаження сховища чи за допомогою спеціального обладнання в період скошування й подрібнення в полі.

Леткі жирні кислоти доцільно застосовувати в суміші, що посилює консервуючу дію компонентів. Змішують їх безпосередньо перед обробкою кормів. Такими сумішами є препарати ВИК-1 і ВИК-2. їх застосовують по 5 л/т.

Перед внесенням рідких органічних кислот у зелену масу їх розводять водою у співвідношенні 1:2 чи 1:3, а в жирку погоду – 1:4 або 1:5.

Рідкі та сухі консерванти вносять або при скошуванні зеленої маси, або при закладанні у сховища за допомогою спеціальних пристроїв і механізмів.

Як біологічні консерванти у практиці силосування застосовують препарати, що являють собою концентровані клітини молочнокислих бактерій у сухому чи рідкому стані (закваски).

Хімічні консерванти повинні відповідати вимогам державних стандартів. Застосовувати препарати, які не відповідають стандартам, забороняється.

Аналізуючи викладену інформацію ми бачимо, що даний процес – обробка сінна консервантами, є дуже незручним і трудомістким. Через те, що існує необхідність застосування спеціального складного обладнання. В даному дипломному проєкті, я буду намагатися зробити цей процес менш складним і дорогим. Щоб це здійснити, необхідно досягти якнайменшого

використання механічних і трудових ресурсів. Даної мети можна досягти здійснивши обробку скошеної трави консервантами в процесі ворущіння її на полі. Для цього я пропоную удосконалити ворущилку так, щоб при виконанні перевертання люцерни, одночасно обробляти її хімічними або біологічними рідкими консервантами. Це дасть змогу покращити зберігання трави саме на відкритому просторі і зменшити затрати праці і коштів на обробку.

### **1.6 Опис удосконаленої машини**

Метою вдосконалення ворущилки є розширення технологічних можливостей сіноворущіння і підвищення якості корму, що заготовлюється шляхом внесення хімічних препаратів при ворущінні. Сіноворущилка має ротор 2, на ободі якого шарнірно закріплені поворотні в осьовій площині ротора кронштейни 6 з прикріпленими до них робочих органів. Удосконаленим в ворущилці є те, що ротор має ємкість для хімічних препаратів, пружинні зуби виконані пустотілими, а їх кінці перфоровані і з'єднані гнучкими трубопроводами з ємкістю. З метою зменшення забруднення навколишнього середовища і дозованого внесення хімічного препарату в оброблюваний матеріал, кожен робочий орган забезпечений запірною-регулюючим пристроєм, що виконаний у вигляді підпружиненого клапана, що взаємодіє з упором додаткового шарніра кронштейна кріплення робочого органа. З метою переміщення рідини в ємкості вона виконана у вигляді усіченого конуса і установлена на ободі співвісно з віссю ротора.

Суттєвим фактором, що впливає на величину втрат поживних речовин при заготівлі сіна є тривалість перебування скошеної рослинної маси в полі в процесі її прив'ялення до потрібної по технології вологості. Прискореному висушуванню скошеної рослинної сировини сприяє ворущіння прокосів та обертання валів. Однак кожне наступне ворущіння призводить до втрат урожаю за рахунок обламування листів з суцвіть, найбільш цінних в поживному відношенні частин рослин.

Недоліком сіноворущилки є те, що вона не може бути використана для обробки скошених рослин з одночасним внесенням в оброблювану масу

хімічних препаратів, що прискорюють процес сушіння. Це знижує технологічні можливості пристрою.

Метою мого пристосування є підвищення якості корма, що заготовлюється шляхом внесення хімічних препаратів при ворущінні. Це сприяє прискоренню процесу сушіння і зменшенню втрат урожаю.

Поставлена мета досягається тим, що у відомій конструкції сіноворушилки, що має ротор, на ободі якого шарнірно закріплені поворотні кронштейни із закріпленими на них пружинними, відповідно модернізації сіноворушилка оснащена ємністю, пружинні зуби виконані пустотілими, а їх кінці перфоровані, при цьому кожна пара зубів з'єднана з ємністю і оснащена запірно-регулювальним пристроєм з упором, який встановлений на кронштейні.

Сіноворушилка має раму 1 (рис 1.6), на якому встановлений по крайній мірі один ротор 2, що обертається навколо вісі 3, нижній кінець якого опирається на колесо 4, а верхній прикріплений до рами 1. Частина ротора, що обертається виконана у вигляді колеса і складається із маточини 5, до якої приварені трубчасті хрестовини 6, а до них в свою чергу приєднаний обід 7. До внутрішньої сторони хрестовини 6 прикріплена виконана у вигляді усіченого пустотілого конуса порожнина 8, що включає рідкий хімічний препарат 9, яка з'єднана через запірно-регулюючий пристрій 10 (рис.1.7) за допомогою гнучких трубопроводів 11 і 12 з каналами 13 пружинних зубів 14, утворених двома направленими назовні кінцями сталльної пружинної товстостінної труби малого діаметра, яка від своєї центральної частини повита у взаємно направлених напрямках. Зовнішні кінці пружинних зубів 14 зі сторони, що дотикається до матеріалу, який згрібається, мають отвори перфорації 15.

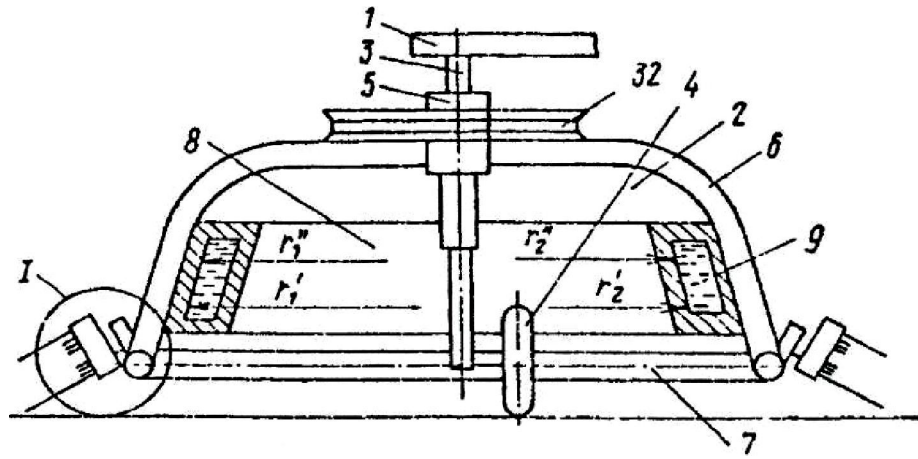


Рис. 1.6. Ротор сіноворушилки

Запірно-регулюючий пристрій 10 представляє собою корпус 16, в якому розташовані пружини 17, клапан 18 і сідло клапана 19. До корпусу 16 за допомогою штуцерів прикріплені трубопроводи 11 і 12. Пружинні зуби 14 встановлені на ободі 7 за допомогою кронштейна, кронштейна, який має тримач 20 і втулку 21, що з'єднані між собою пластинами 22, палець 23, закріплений на основі 24, привареної до втулки 25 і палець 26. До втулки 21 прикріплений упор 27, який взаємодіє з клапаном 18 запірно-регулювального пристрою 10, прикріпленого до основи 24.

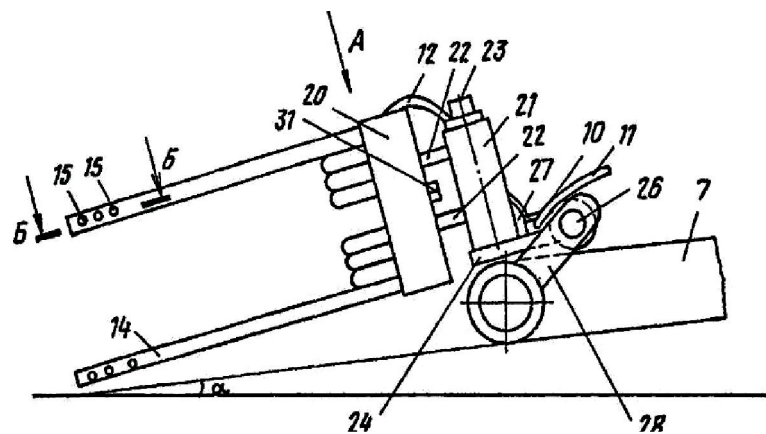


Рис. 1.7. Вузол пружинних пальців

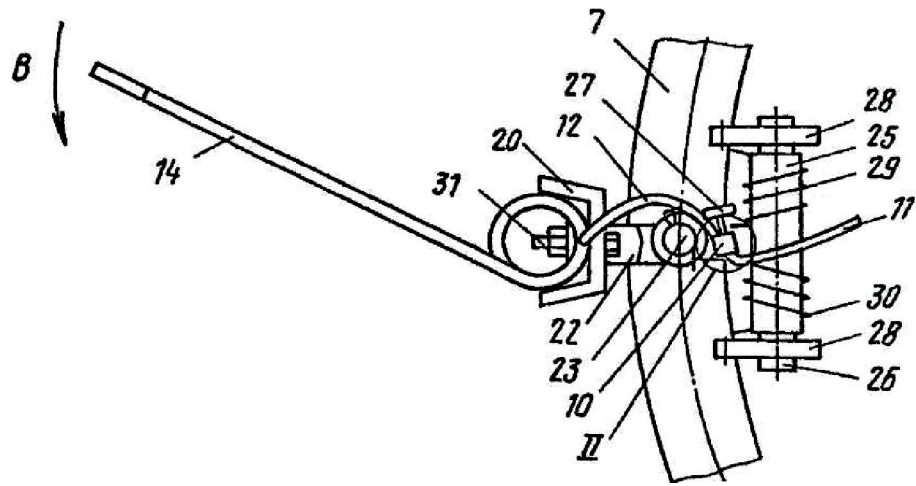


Рис 1.8. Вузол пружинних пальців (вид зверху)

Втулка 21 встановлена на пальці 23 з можливістю обертатися навколо вісі останнього і утворює додатковий шарнір кронштейна кріплення пружинних зубів 14 до обода 7, що дозволяє пружинним зубам 14 повертатися в радіальній площині обода від дії на них оброблюваної рослинної сировини.

Кінці пальця 26 утримуються в двох тримачах 28, приварених до внутрішньої сторони обода 7. Втулка 25 і палець 26 утворюють основний шарнір кронштейна кріплення пружинних зубів 14, завдяки якому під дією торсійних пружин 29 і 30 кронштейн з прикріпленими до нього пружинними зубами 14 при нерухомому стані ротора 2 повертаються вгору в осьовій площині ротора. Вищевказане усуває торкання зубів об землю або зустрічні перепони, розташовані на землі, при агрегуванні сіноворушилки по полю з ротором, що не обертається.



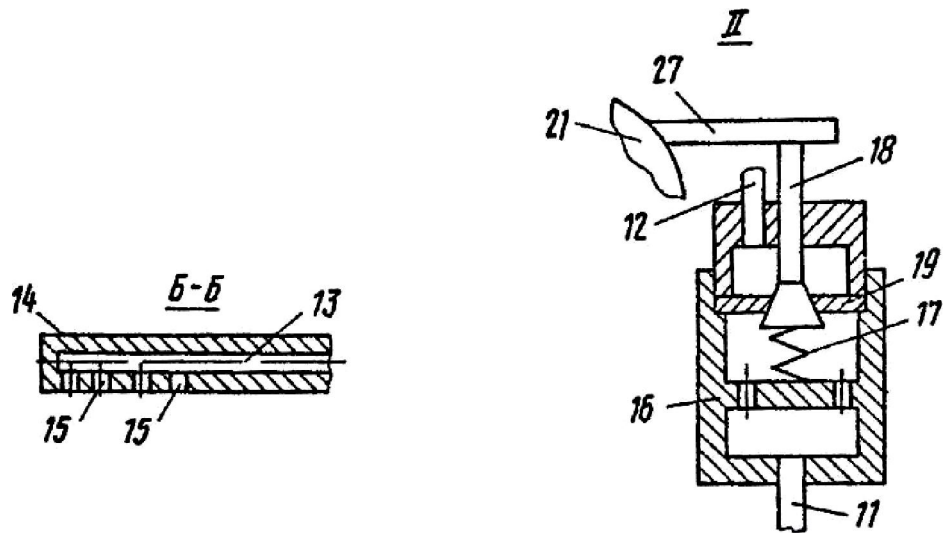


Рис 1.9. Розріз пружинного пальця і запірно-регулювальний пристрій

Пружинні зуби 14 прикріплені в своїй середній частині болтом 31 до тримача 20. Для придання ротору 2 обертального руху навколо осі 3 до трубчастим хрестовин 6 співвісно з віссю обертання ротора прикріплений шків 32.

*Сіноворушилка працює наступним чином.* При роботі сіноворушилка трохи похилена вперед в напрямку руху так, щоб обод 7 з поверхнею поля утворює гострий кут  $\alpha$ , при цьому ротор 2 обертається від шківа 32 навколо осі 3. Під дією відцентрових сил пружинні зуби 14 сумісно з кронштейном їх кріплення переборюють зусилля торсійних пружин 29 і 30 і повертається навколо пальця 26 в робоче положення.

Обертаючись у напрямку, вказаною стрілкою В, грабельні зуби 14 захватують лежачий поперед ротора 2 (по ходу руху) сіно і переміщують його в напрямку обертання ротора. Рідкий хімічний препарат 9, що знаходиться в порожнині, що обертається 8, в результаті дії на нього поля відцентрових сил буде сприймати тиск:

$$P = \rho_{ж} \cdot \frac{\pi^2 \cdot n^2}{1800} \cdot (r_1^2 - r_2^2) \quad (1.1)$$

де:  $P$  – тиск в рідині,  $\text{Н/м}^2$ ;

$\rho_{\text{ж}}$  – густина рідини,  $\text{кг/м}^3$ ;

$n$  – число обертів ротора,  $\text{об/хв}$ ;

$r_1$  і  $r_2$  – радіус ємкості, м.

Так, як ємкість 8, виконана у вигляді пустотілого усіченого конуса, то  $r_1 - r_2 = \text{const}$  по висоті ємкості, а складова приведеної формули  $(r_1^2 - r_2^2)$  є змінною по висоті ємкості. Причому різниця квадратів радіусів в нижній частині ємкості більша вказаної величини, чим в верхній частині.

Відповідно, тиск в рідині, що знаходиться в нижній частині ємкості, буде більше тиску в верхній частині, що призводить до циркуляції рідини по висоті ємкості, а відповідно до її переміщення. Вказане запобігає розшаруванню розчину у випадку використання, для обробки скошених рослин хімічними препаратами, що погано розчиняються або ті, що випадають в осадок, а також дозволяє використовувати сухі хімічні препарати без попереднього приготування розчинів.

Таким чином розчин хімічного препарату по трубопроводу 11 під надлишковим тиском потрапляє всередину запірно-регулюючого пристрою 10.

Так як кронштейн кріплення пружинних зубів 14 має додатковий шарнір, що складається із втулки 21, ротаційно встановленої на пальці 23, то під дією зусилля, що виникає в результаті переміщення матеріалу по стерні, пружинні зуби 14 почнуть провертатися навколо пальця 23. При цьому упор 27 надавить на клапан 18. Останній, стискаючи пружину 17, відійде від сідла 19. Розчин препарату через зазор між клапаном 18 і сідлом 19 по трубопроводу 12 подається в канал 13 порожнистих пружинних пальців 14, а з нього через отвори 15 – в рослину сировину. Указане забезпечує одночасно зі згрібанням або ворущінням внесення в оброблювану масу хімічних препаратів.

Додатковий шарнір кріплення пружинних зубів 14, дозволяє при згрібанні або ворущінні нерівномірно укладених прокосів, що мають змінну потужність (вагу рослин, що припадають на одиницю площі) дозовано

вносити в оброблювану масу хімічний препарат. Наприклад, при зустрічі пружинних зубів 14 з більш потужним прокосом (валком) вони повернуться навколо пальця 23 на більший кут, чим при зустрічі з менш потужним прокосом. При цьому упор 27 з більшим зусиллям натисне на клапан 18, що збільшить зазор між клапаном 18 і сідлом 19, а відповідно, забезпечить відповідну подачу хімічного препарату в оброблювану сировину.

Після покращення контакту пружинних зубів 14 зі згрібаємим матеріалом клапан 18 під дією пружини 17 притискається до сідла 19, припиняючи при цьому подачу препарату.

Застосування даного пристрою у порівнянні з відомим дозволяє одночасно з механічним обробіткою скошених трав (згрібання і ворухіння покосів, обертання валків) вносити в масу, що обробляється хімічні препарати, що сприяють зменшенню втрат врожаю і прискорює процес сушіння скошених рослин.

## **2. ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ КОНСЕРВАНТІВ**

## 2.1 Дослідження процесу розпилення рідини

У машинах для хімічного захисту рослин найбільше застосовують відцентрові, струменеві зі щілинним соплом, повітроструменеві, обертові й комбіновані (гідравлічно-повітроструменеві) розпилювачі.

Теорію відцентрових розпилювачів для ідеальних рідин найповніше розробив Г.Н. Абрамович.

У результаті аналізу потоку рідини в розпилювачі (рис. 2.1) з використанням «принципу максимальної витрати» (згідно з яким у соплі відцентрового розпилювача утворюється повітряний вихор такого радіуса, за якого коефіцієнт витрати при такому напорі набуває максимального значення) отримано систему трьох рівнянь.

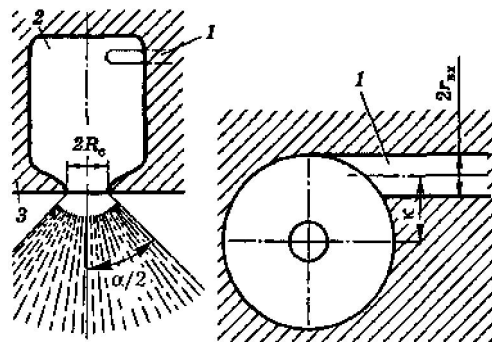


Рис. 2.1. Схема відцентрового розпилювача

1 – тангенціальний входний канал; 2 – камера закручування; 3.– вихідне сопло

Ця система дає змогу визначити коефіцієнт витрати відцентрового розпилювача  $\mu$ , кут при вершині його факела  $\alpha$  і коефіцієнт заповнення сопла  $\varphi$ . При цьому під факелом розпиленої рідини розуміють двофазний струмінь (рідина + газ), який утворюється внаслідок розпаду рідинної плівки струменя і взаємодії потоку краплин з навколишнім газовим середовищем.

Основні характеристики відцентрових розпилювачів визначають за такими залежностями:

$$\mu = \sqrt{\varphi^3 / (2 - \varphi)}; \quad (2.1)$$

$$\frac{(1-\varphi)\sqrt{2}}{\varphi\sqrt{\varphi}} = A; \quad (2.2)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{2\mu A}{\sqrt{(1+S)^2 - 4\mu^2 A^2}}; \quad (2.3)$$

де  $A = LR_C / nr_{BX}^2$  – геометрична характеристика розпилювача;  
 $S = r_m / R_C$  – безрозмірний радіус вихору на зрізі сопла;  
 $n$  – кількість вхідних каналів (тут  $n = 1$ );  
 $r_m$  – внутрішній радіус вихору.

Якщо перерізи вхідних каналів не круглі, то вираз для геометричної характеристики набуває вигляду

$$A = \frac{LR_C \sin \beta}{nf_{BX}}, \quad (2.4)$$

де  $f_{BX}$  – площа поперечного перерізу вхідного каналу;  
 $\beta$  – кут між напрямком вхідного каналу і віссю сопла.

Витрату рідини (продуктивність відцентрового розпилювача) визначають за такою залежністю, л/хв:

$$q = \mu 0,06 f_C \sqrt{2gp}, \quad (2.5)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати;  
 $f_C$  – площа перерізу вихідного сопла розпилювача, мм<sup>2</sup>;  
 $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  
 $p$  – тиск рідини, м вод. ст.

## 2.2 Вплив розмірів краплин на ефективність обприскування і обґрунтування оптимальної дисперсності

За різних способів розпилення утворюються системи краплин різних розмірів (полідисперсний спектр) або краплини одного певного розміру (монодисперсний спектр) у межах 350...25 мкм. Часточки одного й того самого препарату, але різних розмірів, мають різну токсичність. Великі краплини гірше утримуються на об'єктах обробки. Дрібні краплинки при такій самій витраті консерванту на одиницю площі повніше і рівномірніше покривають оброблюваний об'єкт, стійкіші до змивання дощем. Для оцінювання дисперсності розпилення введено поняття середнього діаметра. Якщо

краплини, що виходять із розпилювача, уловлювати на предметні стекла, спеціально оброблені паперові картки та інші уловлювальні поверхні, то краплини залишають на цих поверхнях слід, за яким можна підрахувати діаметр краплини:

$$d_{кр} = \frac{d_{сл}}{\sqrt[3]{4 \sin^3 \alpha / (2 + \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha)}}, \quad (2.6)$$

де  $d_{кр}$  – діаметр краплини;

$d_{сл}$  – заміряний діаметр сліду краплини;

$\alpha$  – кут між дотичною до сфери краплини в точці її перерізу оброблюваною поверхнею і самою поверхнею.

Знаючи коефіцієнт розтікання, який залежить від властивостей поверхні, діаметр сліду краплини можна підрахувати за такою залежністю:

$$k = \frac{d_{сл}}{\sqrt[3]{h \left( h^2 + \frac{3}{4} d_{сл}^2 \right)}}, \quad (2.7)$$

де  $k$  – коефіцієнт розтікання рідини краплини по даній поверхні;

$h$  – висота краплини.

Оскільки за різних способів розпилення та при використанні різних розпилювачів отримують полідисперсний спектр краплин, для узагальнюючої оцінки роботи розпилювачів введено поняття середнього діаметра: середньоарифметичного, медіанно-масового, об'ємно-поверхневого тощо.

Середньоарифметичний діаметр краплин визначають за такою залежністю:

$$d_{ар} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i d_i}{\sum_{i=1}^n n_i}, \quad (2.8)$$

де  $d_{ар}$  – середньоарифметичний діаметр, мкм;

$n_i$  – кількість краплин кожного розміру, мкм;

$d_i$  – діаметр краплин певного розміру, мкм.

Об'єктивнішим показником дисперсності розпилення є медіанно-масовий діаметр краплин, за середній діаметр краплин якого беруть такий діаметр, коли половина об'єму спектра розпилу знаходиться в краплинах, менших від середнього діаметра, а інша половина – у краплинах, більших від цього діаметра:

$$\sum_{i=1}^m n_i d_i^3 = \sum_{i=m+1}^n n_i d_i^3, \quad (2.9)$$

Середній об'ємно-поверхневий діаметр краплини (середній діаметр за Заутером) визначають як відношення сумарного об'єму краплини в спектрі до розпилення до сумарної поверхні краплин:

$$d_s = \frac{\sum_{i=1}^k n_i d_i^3}{\sum_{i=1}^k n_i d_i^2}, \quad (2.10)$$

де  $n_i$  – кількість краплин певного розміру  $d_i$ ;

$k$  – кількість розрядів, на які розбито спектр краплин.

Важливим критерієм оцінювання роботи обприскувачів, що залежить від критерію дисперсності, є ступінь покриття краплинами оброблюваної поверхні, %,

$$M = \frac{100\pi}{4f_0} (n_1 d_1^2 + n_2 d_2^2 + \dots + n_n d_n^2) = \frac{25n}{f_0} \sum_{i=1}^n n_i d_i^2, \quad (2.11)$$

де  $d_1, d_2, \dots, d_n$  – діаметри слідів краплин, мкм;

$n_1, n_2, \dots, n_n$  – кількість краплин кожного розміру;

$f_0$  – досліджувана площа, мкм<sup>2</sup>.

Дослідженнями встановлено, що при дрібнокраплинному обприскуванні краща ефективність обробок досягається при менших ступенях покриття, розрахованих за формулою (2.11), ніж при велико-краплинному. Це пояснюється тим, що препарат діє також на деякій відстані від місця осідання краплин, тобто має певну зону біоцидної дії. З цією метою введено коефіцієнт ефективної дії краплини  $k_{ef}$ , який визначається відношенням загальної площі ефективної дії до площі, утвореної слідом краплини (рис. 2.2). При цьому

$$S_{сл} = \frac{\pi d_{сл}^2}{4}$$

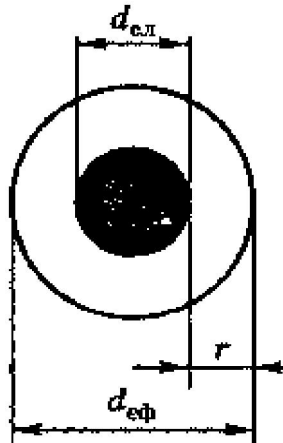


Рис. 2.2. Площа сліду краплини і ефективної дії препарату  
Площа ефективної біоцидної дії препарату

$$S_{эф} = \frac{\pi}{4} (d_{сл} + 2r)^2$$

Зона біоцидної дії  $r$  змінюється в межах 100...200 мкм. Коефіцієнт ефективної дії краплини

$$k_{эф} = \frac{S_{эф}}{S_{сл}} = \frac{(d_{сл} + 2r)^2}{d_{сл}^2}, \quad (2.12)$$

Отже, зі зменшенням розмірів краплини коефіцієнт її ефективної дії збільшується. Тому правильніше оцінювати якість покриття при дрібнокраплинному обприскуванні, ввівши поняття «ступінь ефективного покриття», який визначають за формулою

$$M_{эф} = Mk_{эф}$$

Розглянуті способи розпилення і різні типи розпилювачів дають змогу отримати різний ступінь дисперсності розпилення робочої рідини. Якщо при звичайному обприскуванні для одержання достатньої густоти краплин на одиницю оброблюваної поверхні цілком прийнятним може бути грубодисперсне розпилення ( $d_{ср}=250...300$  мкм), то для забезпечення потрібної густоти покриття при малооб'ємному і ультрамалооб'ємному потрібне тонкодисперсне розпилення (50.....150 мкм). До того ж зменшення діаметра



краплин за лінійною залежністю в 2, 3, 4 і т.д. рази призводить до збільшення кількості краплин за кубічною залежністю, тобто в 8, 27, 64 і т.д. рази.

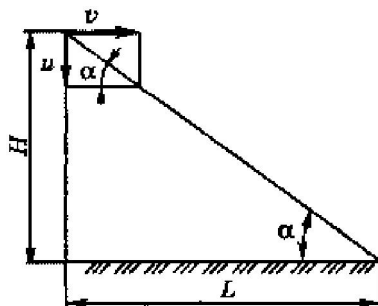


Рис. 2.3 Схема руху краплини в повітряному потоці

Норми витрати робочої рідини на одиницю оброблюваної площі, як показали спеціальні токсикологічні дослідження, в кілька разів, а часом і в кілька десятків разів перевищують потрібну для 100 % ефективності. Проте не вся розпилювальна рідина осідає на оброблювані об'єкти, причому, чим вища дисперсність, тим осідання гірше. Це можна підтвердити, розглянувши рух краплини в повітряному потоці (рис. 2.3).

Краплина, що виходить з розпилювача перебуває на певній висоті  $H$  над оброблюваною поверхнею. У горизонтальному напрямку краплина зазнає дії повітряного потоку з певною швидкістю  $v$ . У вертикальному напрямку вона рухатиметься під дією сили тяжіння зі швидкістю  $u$ , яку можна визначити за формулою Стокса:

$$u = \frac{2gr^2(\rho_k - \rho_n)}{9\eta}, \quad (2.13)$$

- де  $u$  – швидкість краплини під дією сили тяжіння;
- $g$  – прискорення вільного падіння;
- $r$  – радіус краплини;
- $\rho_k$  – щільність рідини краплини;
- $\rho_n$  – щільність повітря;
- $\eta$  – кінематична в'язкість повітря.

Абсолютна швидкість краплини спрямовуватиметься під кутом  $\alpha$  до горизонту

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{u}{v}$$

Тоді, в першому наближенні, відстань, на яку буде знесено краплину при досягненні нею оброблюваної поверхні, становитиме

$$L = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{Hv}{u}, \quad (2.14)$$

де  $L$  – відстань, на яку зноситься краплина;

$H$  – висота початкового положення краплини над оброблюваною поверхнею;

$v$  – початкова швидкість краплини в горизонтальному напрямку.

Із залежності (2.14) випливає, що небезпека знесення краплини на значну відстань прямо пропорційна висоті розміщення над оброблюваною поверхнею, швидкості вітру і обернено пропорційна швидкості руху краплини під дією сили тяжіння. При цьому з виразу (2.13) випливає, що зменшення діаметра краплин за лінійною залежністю спричинює зменшення швидкості осідання за квадратною залежністю. Це підтверджується також результатами дослідів:

Розмір краплин, мкм	500	250	100	50	10
Швидкість осідання, м/с	2,8	0,94	0,27	0,07	0,003

Крім того, слід враховувати чинник випаровування краплин під час їх руху в повітряному потоці. Отже, обґрунтовуючи оптимальну дисперсність, потрібно враховувати спосіб обприскування (звичайне, малооб'ємне, ультрамалооб'ємне), типи робочих рідин (водні розчини, емульсії, масляні розчини і т.д.) та здатність їх до випаровування. Проте, щоб уникнути знесення дрібних краплин на значні відстані, потрібно застосовувати примусове осідання і в робочі розчини добавляти речовини, які знижують випаровувальну здатність краплин, або застосовувати зв'язані аерозолі.

### **2.3 Вибір та обґрунтування пристроїв для внесення консервантів**

У машинах для внесення консервантів транспортувальною силою є сила ваги консервантів або тиск, що створюється компресором чи гідронасосом. При гравітаційній системі подачі консервантів (рис. 3.3, а) інтенсивність (швидкість) витікання консервантів через дозувальний жиклер 5 визначається

напором  $H$ , пропорційним різниці між рівнем вільної поверхні консервантів у баку  $1$  і рівнем вихідного отвору жиклера  $5$ :

$$u = \mu\sqrt{2gH} ; u = \mu\sqrt{\frac{2gP}{\gamma}} , \quad (2.15)$$

де  $\mu = 0,4\dots 0,7$  – коефіцієнт, що враховує розподіл швидкості витікання рідини крізь отвір;  
 $H$  – напір, м;  
 $P$  – тиск на рівні вихідного отвору, Па;  
 $\gamma$  – питома маса рідини, Н/м<sup>3</sup>.

Основний технологічний параметр транспортувального пристрою – секундна подача  $q$ , м<sup>3</sup>/с (кг/с), яка залежить від площі  $S$  вихідного отвору дозатора і швидкості  $u$  консервантів на виході:

$$q = uS = \mu S\sqrt{2gH} ; q = \mu\rho S\sqrt{2gH} \quad (2.16)$$

Задана система має істотний недолік – нерівномірність подачі протягом одного циклу в процесі спорожнення баку.

Згідно з виразом (2.16)  $q$  пропорційна  $\sqrt{H}$ , а оскільки  $H$  протягом циклу зменшується в 3 – 4 рази, то відповідно значення  $u$ , а разом з ним і  $q$  зменшуються вдвічі, що призводить до відповідної нерівномірності внесення консервантів по ходу руху агрегату.

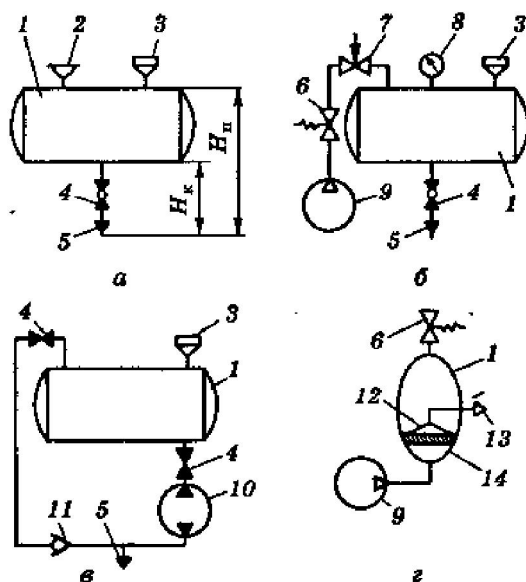


Рис. 2.4. Принципова схема машин для внесення добрив:

а, б, в - рідких; г – пилоподібних; 1 – цистерна; 2 – сапун; 3 – заливна горловина;

4, 6, 11 – відповідно запірний, редукційний і перепускний клапани; 5 – жиклер; 7 – заслінка; 8 – манометр; 9 – компресор; 10 – насос; 12 – транспортувальний трубопровід; 13 – розпилювальний пристрій; 14 – аероднище

Схема подачі консервантів за допомогою напору, що створюється компресором (рис. 2.4, б), істотно знижує зазначений недолік. Надлишковий тиск  $P_n$ , який створює компресор, значно перевищує тиск стовпа консервантів, що розміщується над вихідним отвором. Отже, загальний напір

$$P_{заг} = \frac{P}{\gamma} + H, \quad (2.17)$$

Для визначення швидкості струменя у різних перерізах трубопроводу застосовують рівняння нерозривності струменя:

$$u_1 S_1 = u_2 S_2 = u_i S_i = u_{вих} S_{вих} = const \quad (2.18)$$

Із рівняння (2.22) можна зробити висновок, що досить знати  $u$  у будь-якому перерізі потоку, наприклад на виході, щоб визначити швидкість протікання в іншому з відомою площею  $S$ . Для визначення місцевих втрат  $h_{BT}$  вводять значення  $u$  у різних перерізах, виражені через  $u_{вих}$ . Завдяки редукційному клапану б тиск  $P_n = const$ , а оскільки

$$\frac{P_n}{\gamma} > H, \quad (2.19)$$

У то загальний напір  $H_{заг}$  у процесі спорожнення місткості змінюється значно менше, ніж при гравітаційній подачі. Зазвичай різниця між початковими і кінцевими значеннями  $H_n$  і  $H_k$  не перевищує 25 %. Для визначення швидкості  $u_{вих}$  виходу консервантів використовують рівняння Бернуллі, яке для цього випадку має вигляд

$$H_{заг} = \frac{u_{вих}^2}{2g} + \sum h_{вт}, \quad (2.20)$$

де  $\sum h_{вт}$  – сумарні втрати напору в місцевих опорах (у колінах, звуженнях, вентилях тощо). У загальному випадку

$$h_{вт} = \xi \left[ \frac{u^2}{2g} \right], \quad (2.21)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт втрат;

$u$  – швидкість рідини в перерізі трубопроводу.

У пневморозкидачі (рис. 2.4, г) консерванти, завантажені в герметизовану місткість, насичуються повітрям, що надходить від компресора через аероднище. Матеріал під дією надлишкового тиску в цистерні надходить до транспортувального трубопроводу і через розпилювально-розсіювальний пристрій розподіляється по поверхні сіна.

Дальність польоту консервантів, робоча ширина захвату та продуктивність машини залежать від швидкості  $u_{вих}$  руху матеріалу на виході із розпилювача, яку визначають за спрощеним виразом

$$u_{вих} \approx \sqrt{\frac{B_p g}{\sin 2\alpha_0}}, \quad (2.22)$$

де  $\alpha_0$  – початковий кут нахилу струменя консервантів до горизонту, град, при:

$$\alpha_0 = 15 \dots 20^\circ, \quad B_p = 15 \dots 20 \text{ м}. \quad (2.23)$$

У цей час секундна подача пневмотранспортувальних консервантів становить

$$q = \rho S_{вих} u_{вих}, \quad (2.24)$$

де  $\rho$  – щільність консервантів матеріалу.

Рівномірність розподілу консервантів по ходу руху машини забезпечується тоді, коли потрібна розрахункова швидкість суміші на виході із розсіювального пристрою є сталою –  $u_{вих} = const$ .

Для забезпечення цієї умови в баку підтримується надлишковий тиск, який можна визначити з рівняння Бернуллі:

$$P_{над} = \frac{\lambda u_{вих}^2}{2g} + \sum \Delta P, \quad (2.25)$$

де  $\sum \Delta P$  – сума втрат тиску в місцевих опорах.

У загальному випадку втрати тиску в місцевому опорі становить

$$\Delta P_i = \xi_i \gamma \left[ \frac{u_i^2}{2g} \right], \quad (2.26)$$

Із рівняння суцільного потоку можна встановити, що

$$u_i S_i = u_{вих} S_{вих}, \quad (2.27)$$

Підставивши вираз (2.27) у формулу (2.26), отримаємо формулу для визначення втрат тиску в будь-якому місцевому опорі залежно від швидкості потоку на виході:

$$\Delta P_i = \xi_i \left( \frac{S_{вих}}{S_i} \right)^2 \left[ \frac{\lambda u_i^2}{2g} \right], \quad (3.28)$$

Підставивши вираз (3.31) у формулу (3.30), дістанемо рівняння Бернуллі в більш розгорнутому вигляді:

$$P_{над} = \frac{\gamma u_{вих}^2}{2g} \left[ 1 + \sum \xi_{wi} \left( \frac{S_{вих}}{S_i} \right)^2 \right], \quad (2.29)$$

Секундну подачу повітря на пневмотранспортування консервантів можна визначити за формулою

$$q_n = V_{nut} q, \quad (2.30)$$

де  $V_{nut}$  – питомі витрати повітря (витрати на переміщення 1 кг матеріалу);  
 $q$  – секундна подача консервантів.

Подача консервантів розпилювальним пристроєм залежить від робочої ширини захвату машини і швидкості її руху по полю, а також від заданої норми внесення на одиницю площі

$$q = B_p v_M Q_{зад}, \quad (2.31)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату;  
 $v_M$  – швидкість машини;

$Q_{зад}$  – задана норма внесення.

Як правило, робоча ширина захвату машини стала, швидкість руху машини можна змінювати, але незначно. Норма внесення визначається агровимогами і залежно від умов може змінюватися в широких межах, наприклад від 100 до 10 000 кг/га.

Подачу консервантів крізь дозувальний вихідний отвір визначають за виразом

$$q = \mu S \rho \sqrt{\frac{2gP}{\gamma}}, \quad (2.32)$$

Відповідність дози консервантів заданій нормі їх розподілу на одиницю площі досягають за умови

$$\mu S \rho \sqrt{\frac{2gP}{\gamma}} = B_p \nu_M Q_{зад}, \quad (2.33)$$

Для виконання цієї умови потрібно, щоб подача консервантів насосом перевищувала максимальні витрати, зумовлені величинами  $B_p$ ,  $\nu_M$  і  $Q_{зад}$

Отже, 
$$q_H > q_{max}$$

Відповідність дози внесення консервантів заданій нормі досягають відкриттям перепускного клапана.

Потужність, яка потрібна для приведення насоса в дію,

$$N_H = \frac{Pq_H}{\eta}, \quad (2.34)$$

де  $P$  – тиск, що створюється насосом;

$q_H$  – подача насоса;

$\eta = 0,6 \dots 0,8$  – ККД насоса.

## 2.4 Обґрунтування параметрів баку

Баки обприскувачів виготовляють у вигляді горизонтально розміщеного циліндра з поперечним перерізом у вигляді кола чи еліпса, яке має плоскі або сферичні передню і задню стінки. Місткість бака залежить від типу обприскувача і його продуктивності, яку розраховують за умови забезпечення

роботи обприскувача упродовж половини або цілої зміни. Об'єм баків обчислюють за такими залежностями:

- для циліндричних баків зі сферичними днищами

$$V_{\delta} = \frac{\pi d^2}{4}(l + l_1) + 1,047l_1^3; \quad (2.35)$$

- для циліндричних баків із плоскими днищами

$$V_{\delta} = \frac{\pi d^2}{4}l; \quad (2.36)$$

- для баків з еліптичним поперечним перерізом і сферичними днищами

$$V_{\delta} = \frac{\pi}{4}d_1d_2(l + l_1) + 1,047l_1^3; \quad (2.37)$$

- для баків з еліптичним поперечним перерізом і плоскими днищами

$$V_{\delta} = \frac{\pi}{4}d_1d_2l, \quad (2.38)$$

де  $V_{\delta}$  – об'єм бака, м<sup>3</sup>;

$l, l_2$  – відповідно довжина основної частини і дна (висота сегмента) резервуара, м;

$d_1, d_2$  – відповідно довжина осей еліпса поперечного перерізу, м;

$d$  – діаметр циліндричного резервуара, м.

## 2.5 Обґрунтування параметрів розпилювальних пристроїв

Розпилювальні пристрої забезпечують подрібнення дозованої кількості робочої рідини на дрібні краплини і транспортування їх на оброблювані об'єкти. Витрату робочої рідини обприскувачем за 1 хв, л/хв, відповідно до вибраних технологічних параметрів визначають за формулою

$$q = \frac{QBv}{600}, \quad (2.39)$$



де  $Q$  – норма витрати робочої рідини, л/га;  
 $B$  – ширина робочого захвату машини, м;  
 $v$  – робоча швидкість агрегату, км/год.

Підрахована витрата робочої рідини за 1 хв завжди має бути меншою за подачу насоса обприскувача  $q < q_H$ . Якщо ця умова не виконується, то потрібно змінити технологічні параметри, зокрема швидкість руху агрегату  $v$  або ширину захвату  $B$  при використанні вентиляторного розпилювального пристрою.

Залежно від типу розпилювального пристрою (штанговий, вентиляторний), вибраної схеми обприскування (суцільне або стрічкове), а також отримання бажаної дисперсності розпилення (дрібнодисперсне у боротьбі зі шкідниками та хворобами; грубодисперсне у боротьбі з бур'янами) визначають кількість розпилювальних наконечників і підраховують витрату робочої рідини через один розпилювач за 1 хв, л/хв:

$$q_1 = \frac{q}{n}, \quad (2.40)$$

де  $q$  – витрата рідини за 1 хв через всі розпилювачі, л/хв;  
 $n$  – вибрана кількість розпилювачів, шт.

Необхідна витрата робочої рідини за 1 хв через один розпилювач забезпечується площею перерізу вихідного сопла розпилювача та швидкістю витікання рідини із сопла. У загальному випадку витрату робочої рідини за 1 хв через один розпилювач можна визначити за формулою

$$q_1 = 0,06\mu S\sqrt{2gp} \quad (2.41)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати, який залежить від типу розпилювача;  
 $S$  – площа вихідного отвору розпилювача, мм<sup>2</sup>;  
 $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  
 $p$  – тиск робочої рідини на вході в розпилювач, м вод. ст.

Як правило, в інструкціях до обприскувачів наведено таблиці з розрахованою витратою рідини за 1 хв через один розпилювач, за якими легко знайти відповідний їй діаметр вихідного отвору розпилювача і тиск робочої рідини.

Аеродинамічна суміш маси дрібних краплин рідкого консерванту, яка виходить із сопла розпилювача, і навколишнього повітря утворюють робочий потік. У цьому потоці краплини транспортуватимуться штанговими розпилювальними пристроями під дією початкової швидкості, сили тяжіння і сил турбулентної дифузії в приземному шарі.

Для ефективнішого осідання дрібних краплин на оброблювані об'єкти використовують спрямовувальні повітряні потоки (примусове обсаджування часточок розпиленої рідини).

Спрямовувальні повітряні потоки застосовують також для транспортування розпиленних часточок на значні відстані (дистанційне нанесення розпиленої рідини).

Повітряний потік, який виходить із сопла вентилятора, має вигляд вільного затопленого струменя (рис. 2.5). Якщо вітру немає, то цей струмінь розширюється пропорційно відстані від сопла, залучаючи до руху часточки навколишнього повітря, швидкість його зменшується у певній залежності від відстані. Вільний затоплений струмінь має два проміжки – початковий і основний.

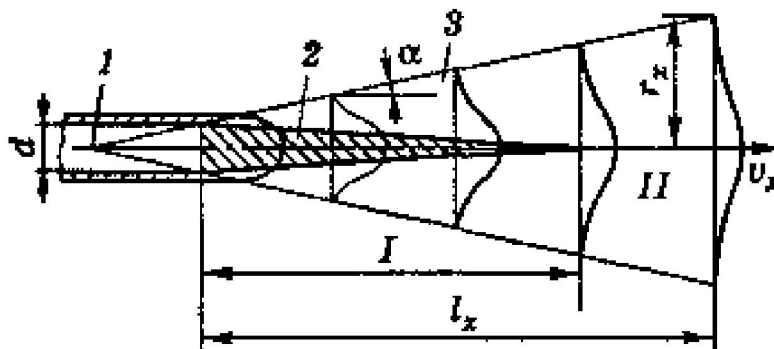


Рис. 2.5. Схема вільного затопленого струменя повітря:

1 – полюс струменя; 2 – ядро потоку; 3 – перехідний переріз;  
I – початковий проміжок струменя; II – основний проміжок

Початковий проміжок характеризується ядром потоку, швидкість якого є сталою і дорівнює початковій на виході із сопла ( $v_0 = const$ ). У будь-якому поперечному перерізі за межами ядра потоку у міру віддалення від осі швидкість потоку зменшується, досягаючи нуля на межі. На основному проміжку осьова швидкість у міру віддалення від сопла зменшується і може бути визначена за такою емпіричною залежністю:

$$v_x = 0,48v_0 / (ax/d + 0,145), \quad (2.42)$$

де  $v_x$  – швидкість повітряного потоку на відстані  $x$  від вихідного сопла,  
м/с;

$v_0$  – швидкість повітряного потоку на виході із сопла, м/с;

$a = 0,07 \dots 0,14$  – коефіцієнт турбулентності струменя;

$x$  – відстань від сопла, м;

$d$  – діаметр сопла, м.

### 3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ОБЕРТАЧА

#### 3.1 Параметри та режими роботи обертача валків

*Розрахунок параметрів ротора*

Кутову швидкість обертання ротора знаходимо по формулі:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 440}{30} = 98,4, \text{ рад/с} \quad (3.1)$$

де:  $n$  – частота обертання ротора,

$$n = \frac{n_{\text{дв}}}{i} = \frac{1410}{1,5} = 440, \text{ хв}^{-1} \quad (3.2)$$

де:  $i$  – передаточне число пасової передачі,  $i = 1,5$ .

Для розрахунків приймаємо середню лінійну швидкість:

$$V_c = \frac{V_A + V_B}{2} = \frac{\omega}{2} \cdot \left( \frac{d_b}{2} + \frac{d_H}{2} \right) = \frac{98,4}{2} \cdot \left( \frac{0,140}{2} + \frac{0,54}{2} \right) = 16,7, \text{ м/с} \quad (3.3)$$

Знаходимо радіус обертання точки ротора з середньою швидкістю:

$$R = \frac{V}{\omega} = \frac{16.7}{98.4} = 0.17, \text{ м} \quad (3.4)$$

$$P = \frac{11,8 \cdot 16,7^2}{0,17} = 1159, \text{ Н} \quad (3.5)$$

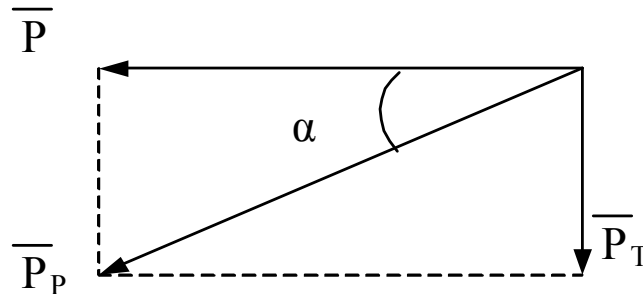


Рис.3.1. Схема для знаходження кута нахилу твірної зрізаного конуса.

$$\bar{P}_T = \operatorname{tg} \alpha \quad (3.6)$$

$$\frac{463}{1159} = 0.399 \quad (3.7)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0.399 \quad (3.8)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \alpha = 22^\circ \quad (3.9)$$

Знаходимо бічну поверхню зрізаного конуса по формулі:

$$S_o = \frac{\pi \cdot l}{2} \cdot (D + d) = \frac{3.14 \cdot 0.426}{2} \cdot (0.58 + 0.08) = 0.67 \quad (3.10)$$

де:  $l$  – твірна конуса,

$$l = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{0.16}{\sin 22^\circ} = 0.426 \quad (3.11)$$

*Розрахунок клинопасової передачі*

Передаточне число клинопасової передачі  $i=1,5$ .

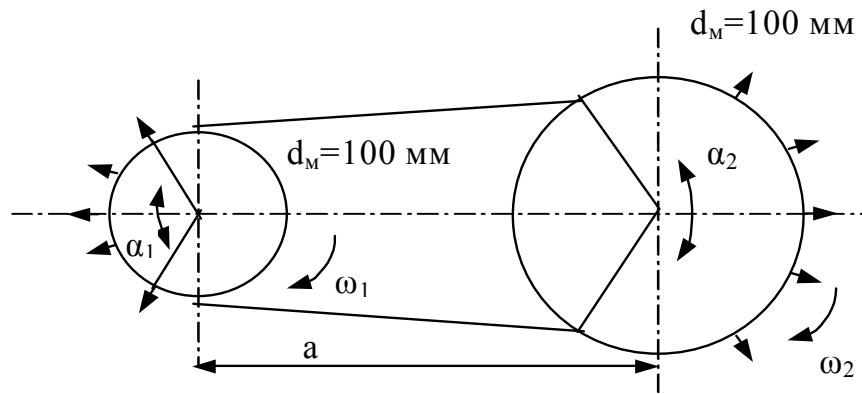


Рис 3.2. Схема для розрахунку клинопасової передачі.

Визначаємо момент на швидкісному валу:

$$M_1 = \frac{1000 \cdot N_{\text{дв}}}{\omega_1} = \frac{1000 \cdot 30}{147.6} = 20.3 \quad (3.12)$$

де:  $\omega_1$  – кутова швидкість обертання вала:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3.14 \cdot 1410}{30} = 147.6 \text{ рад/хв} \quad (3.13)$$

де:  $n_{\text{дв}}$  – частота обертання вала,

$$n_{\text{дв}} = 1410 \text{ хв}^{-1}.$$

При даному моменті рекомендують приймати паси з розмірами  $b=13 \text{ мм}$ ,

$$n=8 \text{ мм},$$

$$A_I=81 \text{ мм}^2.$$

Розрахунковий діаметр машинного шківів визначаємо по формулі:

$$d_m = 40 \cdot \sqrt[3]{M_1} = 40 \cdot \sqrt[3]{20.3} = 108 \text{ , мм} \quad (3.14)$$

Враховуючи стандартний ряд приймаємо  $d_m=100 \text{ мм}$ .

Діаметр великого шківів повинен дорівнювати:

$$d_{\sigma} = d_m \cdot i = 100 \cdot 1.5 = 150 \text{ , мм} \quad (3.15)$$

Приймаємо  $d_{\sigma}=150 \text{ мм}$ .

Визначаємо швидкість паса:

$$V = \frac{\omega \cdot d_m}{2 \cdot 1000} = \frac{147.6 \cdot 100}{2000} = 7.38 \text{ , м/хв} \quad (3.16)$$

Визначаємо кутову швидкість ведучого шківів:

$$\omega_1 = \frac{d_m \cdot \omega \cdot (1 - \varepsilon)}{d_\sigma} = \frac{100 \cdot 147 \cdot (1 - 0.02)}{150} = 96.4, \text{ рад/хв} \quad (3.17)$$

де:  $\varepsilon$  – відносна втрата швидкості,  $\varepsilon=0,02$ .

Визначаємо колову силу:

$$F_t = \frac{2H \cdot 10^3}{d_m} = \frac{2 \cdot 20.3 \cdot 10^3}{100} = 406, \text{ Н} \quad (3.18)$$

Визначаємо оптимальні можливості відстані:

$$a = 1.5 \cdot \frac{d_\sigma}{\sqrt[3]{i}} = 1.5 \cdot \frac{150}{\sqrt[3]{1.5}} = 193.3, \text{ мм} \quad (3.19)$$

Приймаємо  $a=200$  мм.

Визначаємо довжину паса по формулі:

$$B_1 = \pi \frac{d_\sigma + d_m}{2} = 3.14 \cdot \frac{150 + 100}{2} = 392.5, \text{ мм} \quad (3.20)$$

$$B_2 = \left( \frac{d_\sigma - d_m}{2} \right)^2 = \left( \frac{150 - 100}{2} \right)^2 = 625, \text{ мм} \quad (3.21)$$

$$L = 2a + B_1 + \frac{B_2}{a} = 2 \cdot 200 + 392.5 + \frac{625}{200} = 795.6, \text{ мм} \quad (3.22)$$

Приймаємо стандартну довжину  $L=800$  мм.

Визначаємо кут обхвату:

$$\alpha = 180^\circ - 60^\circ \cdot \frac{d_\sigma - d_m}{a} = 180^\circ - 60^\circ \cdot \frac{150 - 100}{200} = 165^\circ \quad (3.23)$$

Визначаємо частоту пробігу паса:

$$\Pi = \frac{1000 \cdot V}{L} = \frac{1000 \cdot 7.38}{800} = 9.22 \text{ хв}^{-1} \quad (3.24)$$

З довідника вибираємо поправочні коефіцієнти:

$$K_u = 1.11,$$

$$C_2 = 1.10,$$

$$C_p = 0.8.$$

Визначаємо корисну напругу:

$$K_0 = \frac{5.55}{\Pi^{0,09}} - 6 \frac{f_p^{1,57}}{d_m \cdot K_u} \cdot 10^{-3} \cdot V^2 \quad (3.25)$$

$$K_0 = \frac{5,55}{9,22^{0,09}} - 6 \frac{11^{1,57}}{100 \cdot 1,11} \cdot 10^{-3} \cdot 7,38^2 = 2,16, \text{ МПа}$$

Визначаємо допустиму корисну напругу:

$$[K] = K_0 \cdot C_2 \cdot C_p = 2.16 \cdot 1.10 \cdot 0.8 = 1.90, \text{ МПа} \quad (3.26)$$

Визначаємо необхідне число пасів:

$$Z = \frac{F_t}{[K] \cdot A} = \frac{406}{1.90 \cdot 81} = 2.6 \quad (3.27)$$

Приймаємо  $Z=3$

Робочий коефіцієнт тяги:

$$\psi = \psi_0 \cdot C_2 \cdot C_p = 0.67 \cdot 1.1 \cdot 0.8 = 0.59 \quad (3.28)$$

Коефіцієнт:

$$m = \frac{1 + \psi}{1 - \psi} = \frac{1 + 0.59}{1 - 0.59} = 3.88 \quad (3.29)$$

Визначаємо сили, які діють в передачі:

$$F_u = 10^{-3} \cdot \rho \cdot A_1 \cdot V^2 = 10^{-3} \cdot 1,21 \cdot 81 \cdot 7,38^2 = 5,338, \text{ Н} \quad (3.30)$$

Робочий натяг гілок паса:

$$F_1 = F_t \cdot \frac{m}{m-1} + F_u = 406 \cdot \frac{3,88}{3,88-1} + 5,338 = 552, \text{ Н} \quad (3.31)$$

$$F_2 = F_t \cdot \frac{1}{m-1} + F_u = 406 \cdot \frac{1}{3,88-1} + 5,338 = 146,3, \text{ Н} \quad (3.32)$$

Натяг паса в спокої:

$$F_0 = 0.5(F_1 + F_2) + \psi F_u = 0,5(552 + 146,3) + 0,2 \cdot 5,338 = 349,9, \text{ Н} \quad (3.33)$$

Визначаємо силу, яка діє на вали:

$$F_a = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cos \alpha} - 2F_u \cdot \cos \alpha \quad (3.34)$$

$$F_a = \sqrt{552^2 + 146,3^2 + 2 \cdot 552 \cdot 146,3 \cdot \cos 165^\circ} - 2 \cdot 5,338 \cdot \cos 165^\circ = 423 \text{ Н}$$

Отже, сила, що діє на вал рівна:  $F_a=423 \text{ Н}$ .

Вал ротора передає обертовий момент на носій. Частота обертання ротора  $n=15,7 \text{ хс}^{-1}$  Можливе перевантаження ротора 150%. Знаходимо діаметр вала, враховуючи тільки обертовий момент:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\kappa}}{0,2[\tau]}} \quad (3.35)$$

де:  $M_{\kappa}$  – обертовий момент, який діє на вал ротора, Нм;  
 $[\tau]$  – допустима напруга обертання вала,  $[\tau] = 40 \text{ МПа}$

$$M_{\kappa} = \frac{30 \cdot N_{\text{дв}}}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 3000}{3.14 \cdot 940} = 30.5, \text{ Нм} \quad (3.36)$$

де:  $n$  – частота обертання вала,  $n=940 \text{ хс}^{-1}$ .

### *Розрахунок кінематичних та енергетичних параметрів*

Знаходимо передаточне число клинопасової передачі:

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n} = \frac{1410}{940} = 1.5 \quad (3.37)$$

Задаємося діаметром ведучого шківів, який закріплений на валу:

$$d_{\text{в}} = 100 \text{ мм.}$$

Знаходимо необхідний діаметр веденого шківів  $d_{\text{п}}$ , який закріплений на валу ротора:

$$d_{\text{п}} = d_{\text{в}} \cdot i = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ мм} \quad (3.38)$$

### **3.2. Дослідження процесу руху потоків рідини в форсунці**

Дослідження взаємодії потоків хімічних консервантів при виході з форсунки проводилося з використанням програмного комплексу FlowVision, що призначений для моделювання тривимірних потоків рідини й газу в технічних і природних об'єктах, а також для візуалізації цих потоків методами комп'ютерної графіки. За допомогою зазначеного програмного комплексу в роботі вирішувалося завдання моделювання взаємодії потоків рідини усередині відцентрово-струминної форсунки з тангенціальним уведенням периферійного потоку.

Ескіз конструкції форсунки, для якої були проведені випробування, представлений на рис.3.3. Характерні розміри форсунки були наступні: діаметр



соплового отвору – 4 мм, діаметр тангенціальних і осьових каналів – 3 мм , внутрішній радіус камери змішування – 8 мм, висота зони взаємодії потоків змінювалася від 6 до 16 мм.

Для проведення досліджень в графічному редакторі Solid Edge була створена твердотільна модель внутрішнього об'єму форсунки, файл якої імпортувався в комплекс FlowVision. Поверхня розрахункової області являє собою сукупність плоских багатокутників, для яких визначені граничні умови.

При дослідженні гідродинамічних характеристик форсунки інтерес представляє взаємодія потоків усередині камери змішування і у сопловому отворі. Тому, після чисельного розрахунку усієї форсунки, для полегшення завдання, твердотільна модель була спрощена й не містила об'ємів поза камерою змішування. Дане спрощення не впливає на кінцевий результат, оскільки геометрія камери змішування не була змінена.

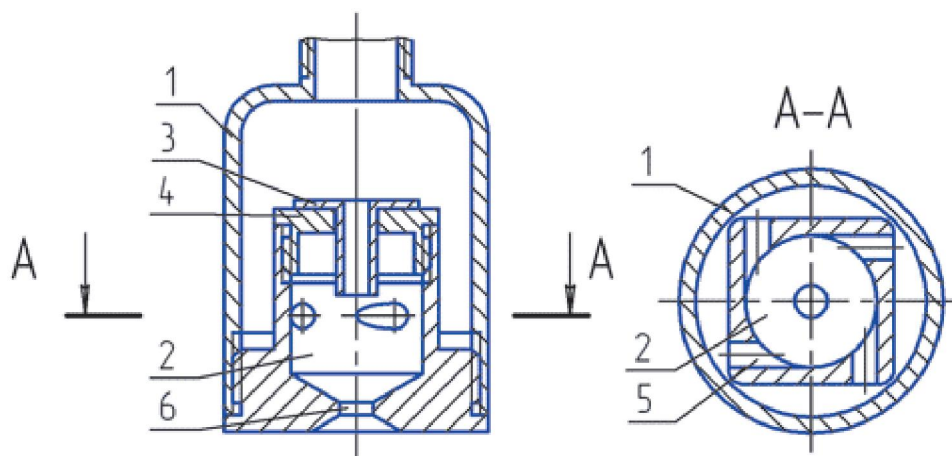


Рис. 3.3. Ескіз відцентрово-струминної форсунки

1 – корпус форсунки; 2 – камера змішування; 3 – втулка осьового каналу;  
4 – кришка камери змішування; 5 – тангенціальний канал; 6 – сопловий отвір.

Чисельний розрахунок усієї форсунки дозволив оцінити співвідношення швидкостей рідини в осьовому й тангенціальному каналах. У тангенціальних каналах швидкість рідини дещо менше, ніж в осьовому, внаслідок гідравлічних втрат напору через необхідність периферійного потоку міняти напрямок руху.

Отримана модель досліджуваної внутрішньої області камери змішування відцентрово-струминної форсунки показана на рис. 3.4.

У постановці завдання використалися наступні граничні умови:

1. На вході задавалася середня швидкість потоку.
2. Вихід вільний з нульовим тиском на границі.

У даній моделі гранична умова «вхід» була задана на п'ятьох поверхнях, що відповідають поперечним перерізам чотирьох тангенціальних отворів і одного осьового отвору. Швидкість рідини на вході осьового каналу була прийнята 6,5 м/с, на вході тангенціальних каналів – 5 м/с.

Гранична умова «вільний вихід» використалося для поверхні, що відповідає поперечному перерізу соплового отвору форсунки; застосовувалася умова «тиск, без затікання рідини».

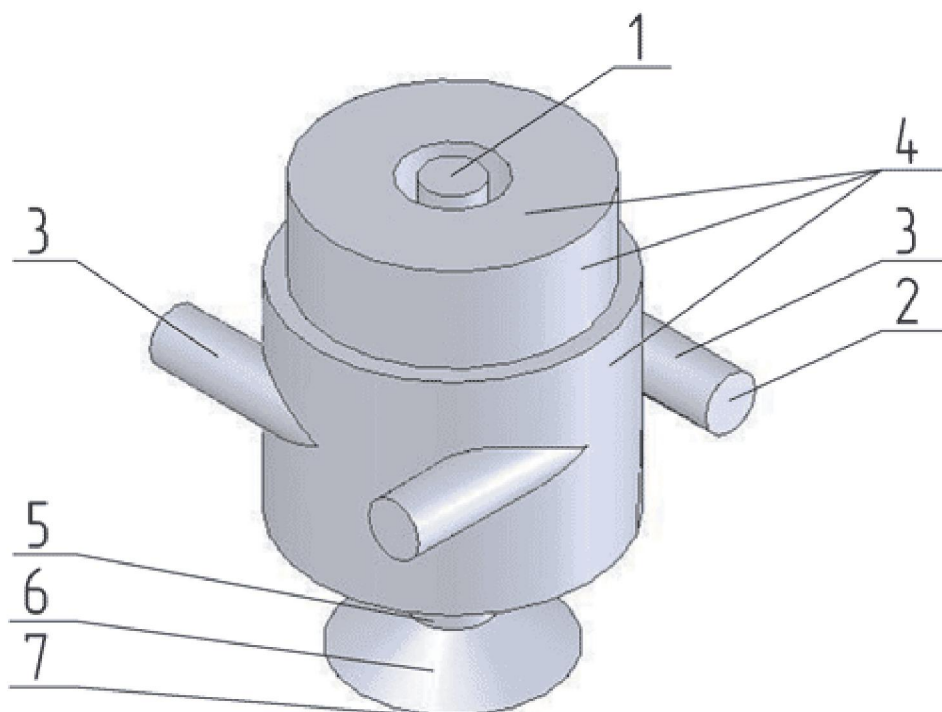


Рис. 3.4. Геометрія розрахункової області

1 – вхідний отвір для осьового потоку рідини; 2 – вхідний отвір для периферійного потоку рідини; 3 – стінка тангенціального каналу; 4 – стінка камери змішування форсунки; 5 – стінка соплового каналу; 6 – розточення соплового каналу на виході з форсунки; 7 – вихідний отвір форсунки.

Метою моделювання руху рідини в розрахунковій області є одержання розподілів швидкостей і тисків рідини. Щоб розрахувати ці параметри, необхідно задати фізичні закони їхньої зміни, а саме математичну модель. У якості останньої в даній роботі для рішення завдання формування усередині камери змішування факела розпиленої рідини використалася модель «рідина, що не стискається», яка дозволяє моделювати переміщення рідини при більших числах Рейнольдса й малих змінах щільності.

Для рішення рівнянь математичної моделі в роботі застосовувалася прямокутна, адаптивна, локально здрібнена кінцево-об'ємна сітка. Схема сітки, що використалася для рішення даного завдання, представлена на рис.3.5.

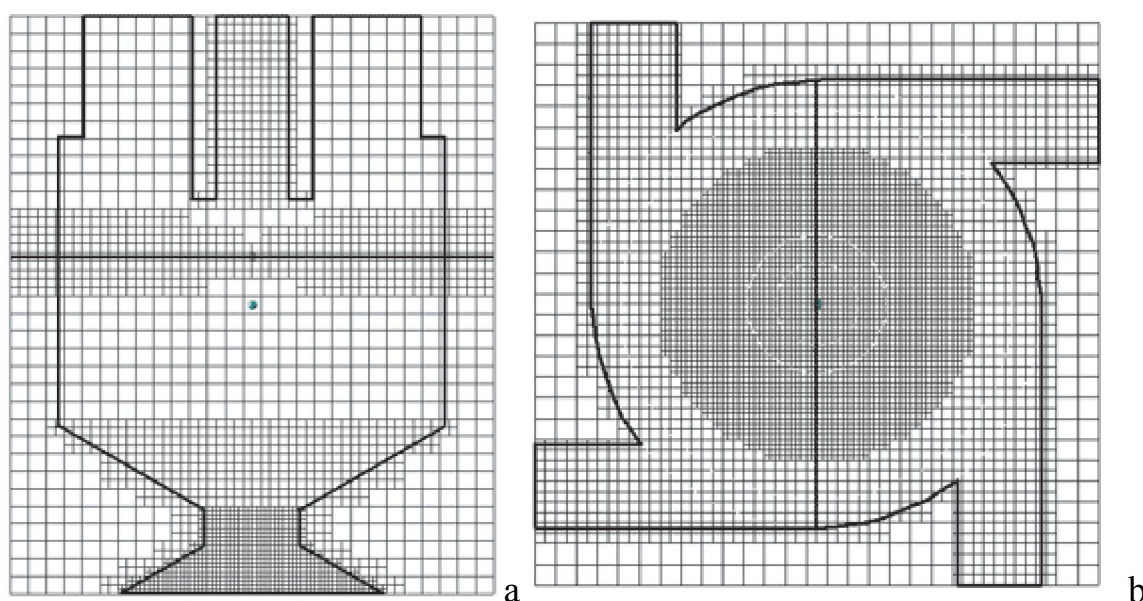


Рис. 3.5. Розрахункова сітка

Ліворуч – вид збоку; праворуч – вид зверху

Розміри однієї комірки початкової сітки становлять 0,74x0,72x0,74 мм. Адаптація 1-го рівня проведена по поверхнях: конусна поверхня камери змішування на вході в сопловий канал, стінки осьового й тангенціального каналів, входи осьового й периферійного потоків рідини. Адаптація 2-го рівня проведена по наступним поверхням: відповідному сопловому каналу, розширенню соплового каналу й виходу рідини з форсунки. Об'ємна адаптація

1-го рівня створена в зоні соплового каналу й охоплює конусну поверхню камери змішування й розширення. Об'ємна адаптація 2-го рівня охоплює сопловий канал.

Рідина для розрахунку була задана з бази даних FlowVision: чиста вода, пропіонова кислота та безводний аміак. Фізичні параметри рідин, використаних для розрахунку, а також базові значення, при яких здійснювалося моделювання, представлені в таблиці 3.1. Використалися параметри розрахункового методу для визначення швидкості й тиску, прийняті за замовчуванням для даної моделі розрахунку.

Таблиця 3.1. Параметри рідин, використаних для чисельного експерименту

Рідина	Опорні величини		Щільність, кг/м <sup>3</sup>	В'язкість, Па·с
	Температура, К	Тиск, Па		
Чиста вода	293	101000	998	0,001
Пропіонова кислота	293	101000	824	0,002
Безводний аміак	373	101000	862	0,007

Досліджуваний геометричний параметр форсунки (висота підняття втулки осевого каналу  $h$ ) для чисельного експерименту задавався при побудові твердотільної моделі внутрішнього об'єму.

Чисельний розрахунок у даному програмному комплексі не дозволяє моделювати факел розпиленої рідини і оцінити його дисперсність, оскільки в програмі не закладений облік сили поверхневого натягу рідини й взаємодії її з навколишнім середовищем. Тому результатом чисельного експерименту є отримані значення швидкості й тиску в будь-якій точці внутрішнього об'єму, які дозволяють детально досліджувати процес взаємодії потоків, вибрати оптимальне співвідношення розмірів форсунки й визначити діапазон її роботи, що необхідно для забезпечення рівномірного розпилення рідини по поверхні форсунками.

Для визначення параметрів розпиленого факела розрахованої моделі необхідно виділити наступні результати чисельного експерименту: розподіл повної швидкості рідини, а також її осьового й тангенціального компонентів у сопловому отворі форсунки. Ці дані дозволять судити про факел розпилу, що формується, і оцінити щільність зрошення даною форсункою.

У результаті чисельного експерименту отримані розподіли швидкостей і тиску рідини у всіх точках розрахункового об'єму, що дозволило оцінити ефективність конструкції.

На рис. 3.6 представлений розподіл повної швидкості в поздовжньому й поперечному перерізі камери змішування форсунки. Розподіл швидкості представлений у вигляді заливання за значеннями. Поперечний переріз проходить через центр тангенціальних каналів.

На рис. 3.7 показаний розподіл осьової й тангенціальної швидкості в поздовжньому розрізі камери змішування форсунки.

На рис. 3.8 зображений розподіл повного тиску в поздовжньому й поперечному розрізі камери змішування форсунки.

З рис. 3.6 видно, що тангенціальні потоки, входячи в камеру змішування, спочатку не взаємодіють із осьовим струменем. Осьовий потік, проходячи приблизно до середини камери змішування, переміщується своїми периферійними шарами з рідиною, що заповнює камеру змішування. У результаті цього знижується швидкість периферійних шарів осьового потоку (рис. 3.6а і 3.7а). Взаємодія осьового й обертового потоків починається на вході в звужуючу частину камери змішування перед сопловим отвором.

З рис. 3.7б видно, що в сопловому отворі форсунки тангенціальний компонент швидкості зростає від центра до периферії. У центрі соплового каналу тангенціальний компонент швидкості дорівнює нулю. Це відповідає тому, що в сопловому каналі взаємодіють осьовий і обертовий потоки, тоді як повна швидкість рідини в сопловому каналі постійна по всьому поперечному перерізі (рис. 3.6а).

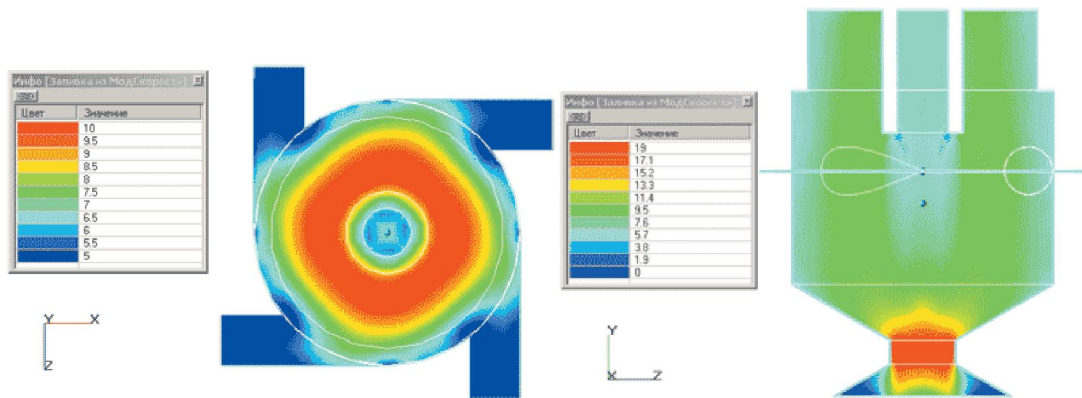


Рис. 3.6. Розподіл повної швидкості (м/с) усередині камери змішування відцентрово-струминної форсунки: ліворуч – у поздовжньому перетині; праворуч – у поперечному

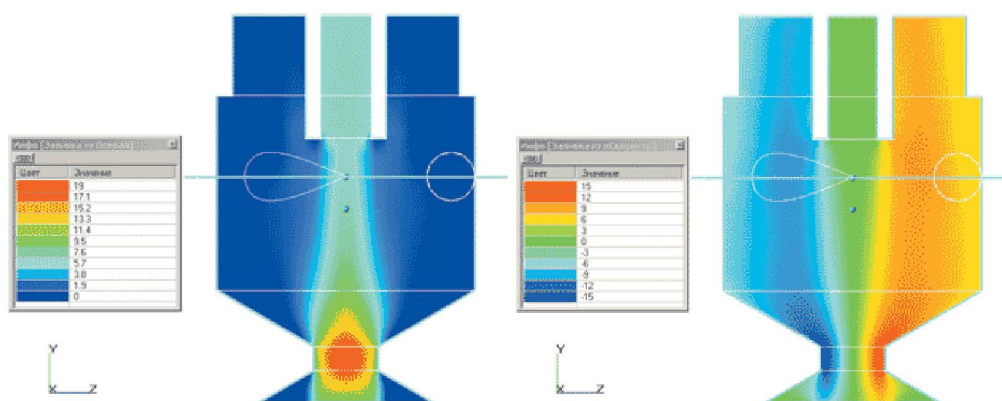


Рис. 3.7. Розподіл осевого й тангенціальних компонентів швидкості (м/с) усередині камери змішування відцентрово-струминної форсунки: ліворуч – осевий компонент швидкості; праворуч – тангенціальний

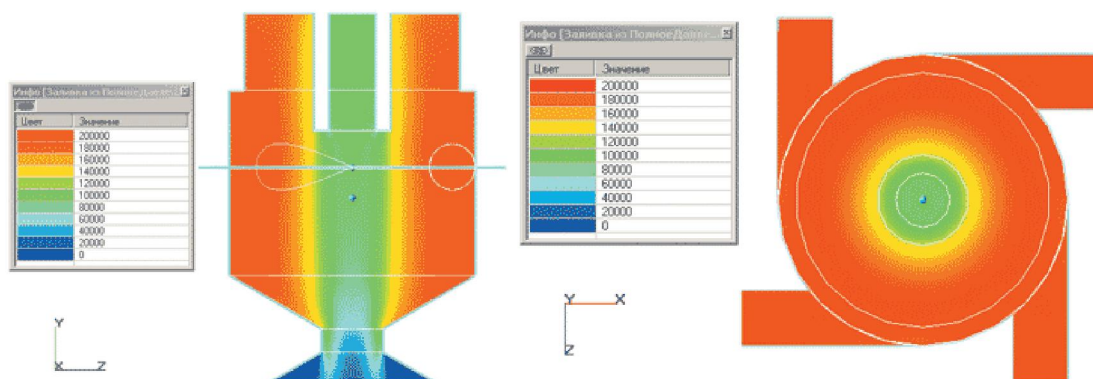


Рис. 3.8. Розподіл повного тиску (Па) усередині камери змішування відцентрово-струминної форсунки: ліворуч – у поздовжньому перетині; праворуч – у поперечному

Слід зазначити, що повний тиск у даному програмному комплексі складається з надлишкового й динамічного, без обліку атмосферного. Атмосферний тиск заданий в опорних величинах, тому нуль на шкалі тисків

(рис. 3.8) відповідає 101 000 Па. З рис. 3.8 потрібно відмітити, що повний тиск рідини в камері змішування зростає до периферії. На виході з камери змішування тиск падає до атмосферного.

З рис. 3.6 і 3.7 видно, що розподіл швидкостей має колову рівномірність, тому розглянемо розподіл осьових, тангенціального компонентів і повної швидкості у вигляді графіків уздовж радіуса, що лежить у площині соплового отвору.

Розподіл швидкостей для чисельного експерименту на воді представлено на рис. 3.9, з якого видно, що повна швидкість зберігає постійне значення практично по всьому поперечному перерізі соплового отвору, тоді як осьова швидкість зменшується від центра до периферії, а тангенціальна, навпаки, зростає, що збігається з літературними даними й говорить про взаємодію в сопловому каналі форсунки двох потоків – поступального й обертального. На даному малюнку не проглядається принципове розходження в розподілі швидкостей при зміні висоти камери змішування.

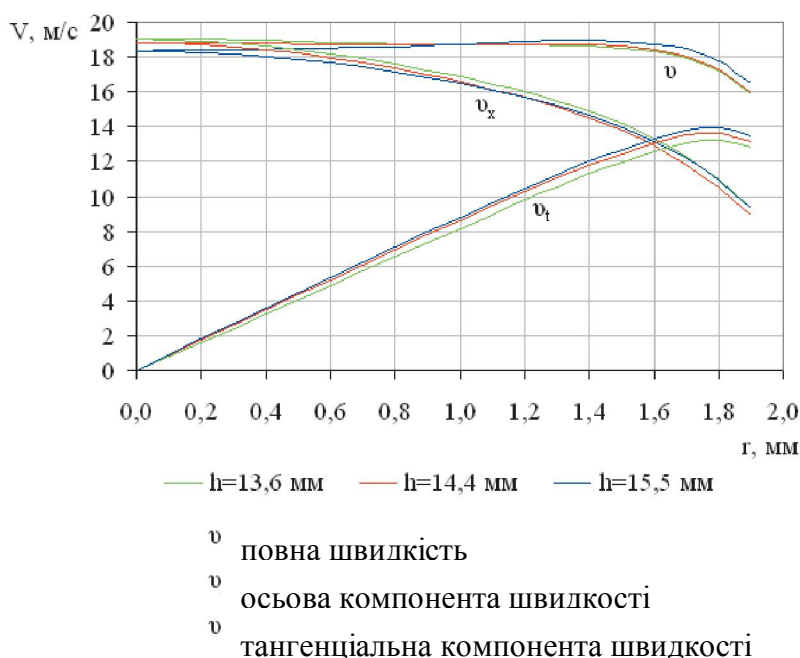


Рис. 3.9. Графіки повної швидкості і її компонентів уздовж радіуса соплового отвору для води

Для того щоб розходження були наочніше, представимо розподіл повної швидкості з більше докладною шкалою. На рис. 3.10 чітко видні розходження в

розподілі повної швидкості по поперечному перерізі соплового отвору при зміні висоти камери змішування.

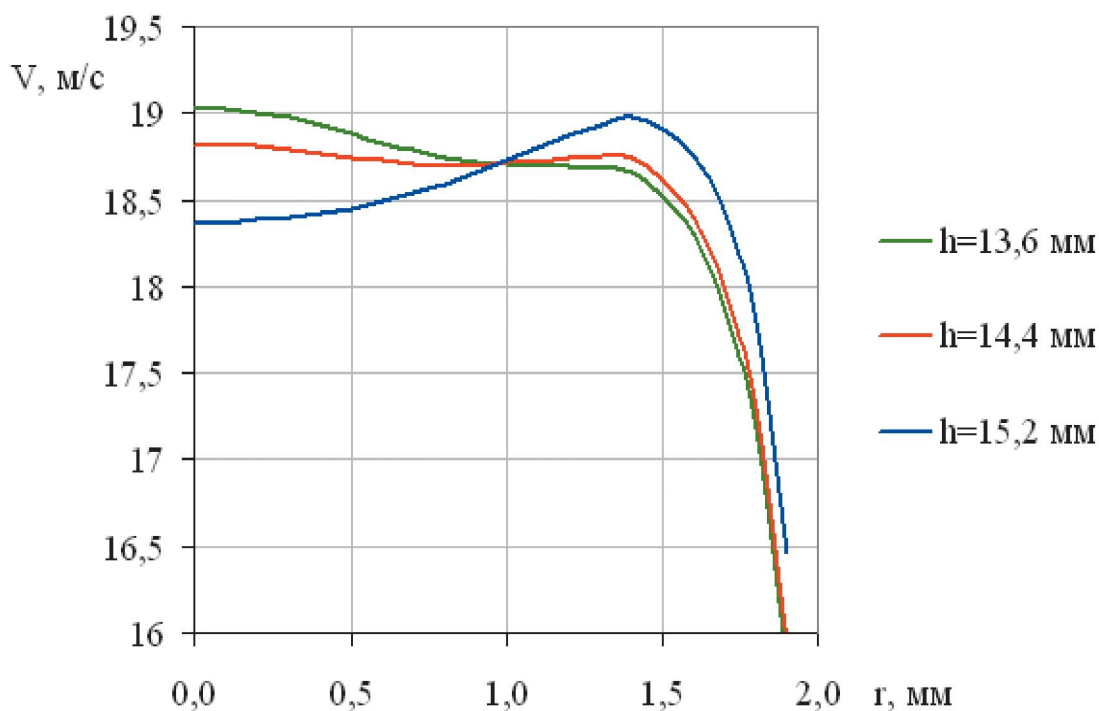


Рис. 3.10. Графіки повної швидкості уздовж радіуса соплового отвору для води

За результатами чисельного розрахунку форсунки з використанням пропіонової кислоти також були побудовані графіки розподілу швидкості і її компонентів уздовж радіуса соплового отвору, які представлені на рис. 3.11. Графіки повної швидкості з більше докладною шкалою ординат показані на рис. 3.12.



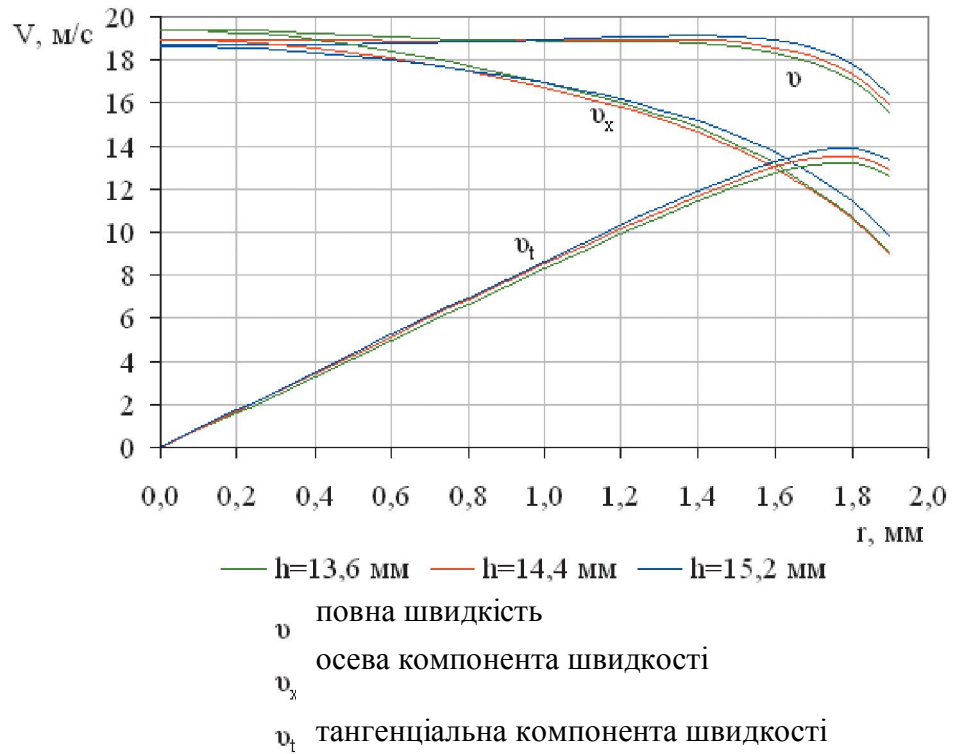


Рис. 3.11. Графіки повної швидкості і її компонентів уздовж радіуса соплового отвору для пропіонової кислоти

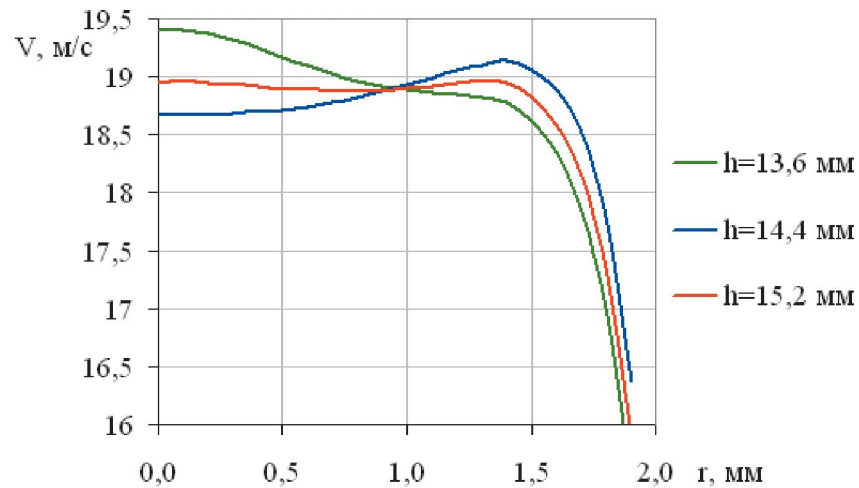


Рис. 3.12. Графіки повної швидкості уздовж радіуса соплового отвору для пропіонової кислоти

З рис. 3.11 і 3.12 слідує, що зміна рідини, а саме зміна в'язкості рідини в 2 рази, не дуже вплинуло на розподіл швидкостей у сопловому каналі форсунки. Однак чисельний розрахунок з використанням консерванту безводний аміак показав, що в'язкість все-таки впливає на взаємодію потоків і з її збільшенням оптимальна висота камери змішання зростає.

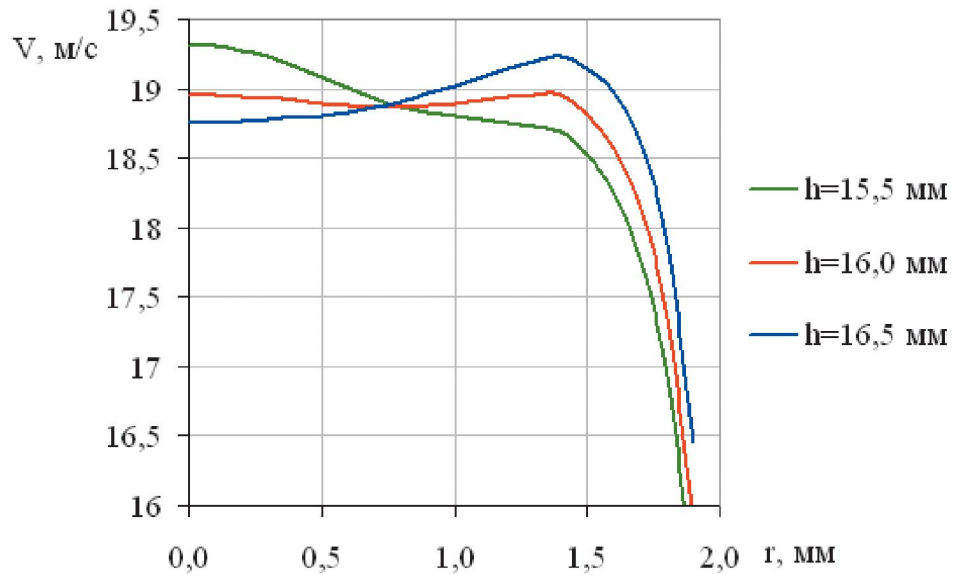


Рис. 3.13. Графіки повної швидкості уздовж радіуса соплового отвору безводного аміаку

На рис. 3.13, де представлені графіки повної швидкості уздовж радіуса соплового отвору для консерванту безводний аміак видно, що для цього консерванту оптимальна висота камери змішування становить 16,0 мм . Слід зазначити, що в'язкість безводного аміаку в 7 разів більше в'язкості води, а оптимальна висота камери змішування при цьому збільшилася всього на 11%.



## **4. ЗАСТОСУВАННЯ САПР ПРИ РОЗРОБЦІ КОНСТРУКЦІЇ ОБЕРТАЧА ВАЛКІВ СІНА**

### **4.1 Основні передумови виникнення САПР**

Однією з головних задач комплексної автоматизації народного господарства є створення систем автоматизованого проектування (САПР) та технологічної підготовки виробництва. Основною причиною створення САПР стала все більша невідповідність між вимогами скорочення термінів, підвищення якості, зниження вартості проектних робіт і старими методами проектування.

### **4.2. Види забезпечення САПР**

Технічне переобладнання здійснюються на основі правильно вибраного технічного забезпечення, яке в свою чергу вибирається в залежності від того програмного забезпечення, що буде використовуватися, від поставлених вимог конкретного виробництва (підприємства).

*Технічне забезпечення САПР* являє собою комплекс технічних засобів, на базі якого фізично реалізується весь процес автоматизованого проектування. *Технічне забезпечення САПР* – це матеріальна основа автоматизованого проектування і разом з програмним забезпеченням середовище, в котрому реалізується інші види забезпечення САПР (математичне, інформаційне, лінгвістичне та ін.).

*Вимоги до технічного забезпечення САПР* можна розділити на чотири категорії:

- системні;
- функціональні;
- технічні;
- організаційно-експлуатаційні.

До *системних вимог* відносять наступні: ефективність, універсальність, сумісність, гнучкість і відкритість, надійність, точність (достовірність), захищеність, можливість одночасної роботи достатньо широкого кола користувачів, низька вартість. Одним словом вони обумовлюють спектр властивостей, параметрів і характеристик САПР як технічної системи.

*Функціональні вимоги* обумовлюють властивості комплексу технічних засобів з точки зору виконання функцій САПР. Вони повинні забезпечувати: - реалізацію математичних моделей;

- задач прийняття рішень і проектних процедур;
- роботу з бібліотеками проектних рішень і типових елементів, їх архівацію;
- системи пошуку даних, забезпечення наглядності інформації;
- роботу з графічними зображеннями і моделями;
- паралельну розробку окремих вузлів;
- взаємозв'язок етапів проектування;
- документування результатів проектування;
- виведення обробленої інформації на інше обладнання.

*Технічні вимоги* обумовлюють параметри і характеристики комплексу технічних засобів і окремих технічних засобів при функціонуванні САПР та виражаються у вигляді кількісних і якісних характеристик та параметрів. Це такі характеристики та параметри: продуктивність, швидкодія система кодування інформації; ємність запам'ятовуючих пристроїв, види носіїв даних.

*Організаційно-експлуатаційних вимог* – це вимоги по технічній естетиці, ергономіці, охороні праці, організації експлуатації та обслуговуванню технічних засобів САПР.

Як вже було сказано, правильний вибір технічного і програмного забезпечення є дуже важливим етапом при проектуванні або переобладнанні підприємства, оскільки він є найбільш дорогим і в підсумку буде визначати ефективність роботи всієї системи в цілому.

### **4.3 Класифікація САПР**

САПР поділяється на три основні класи:

- системи легкого класу (*Компас, AutoCAD*);
- системи середнього класу (*Solid Edge, Solid Works*);
- системи важкого класу (*Uni Graphics, ProIngenir, CATIA*).

*Система легкого класу КОМПАС*

*КОМПАС* – це система нового покоління, що призначена для виконання

проектно-конструкторських робіт в різноманітних галузях. Вона є легкою в освоєнні та зручною в роботі, й при цьому її вартість, є прийнятною для комплексного оснащення вітчизняних підприємств, у тому числі середніх і малих. Система розроблялася для персональних комп'ютерів із процесором 486 і вище, оснащених операційною системою MS Windows.

*КОМПАС* призначений для розв'язання масових задач “легкого” класу, таких як двовимірне проектування та конструювання, швидке підготування та випуск найрізноманітнішої креслярсько-конструкторської документації, створення технічних текстово-графічних документів.

*КОМПАС* базується на високоефективній конструкторській графіці з доскональними технологіями проектування та інструментальними засобами, які відповідають самим сучасним вимогам. Він однаково придатний для машинобудування, приладобудування, будівництва та архітектури. В системі реалізовані новітні технології моделювання, конструювання та випуску креслярсько-конструкторської документації, що дозволяють різко скоротити терміни розробки нової продукції, підвищити її якість та конкурентоздатність.

*КОМПАС* оснащений розвиненою структурованою системою допомоги, що дозволяє одержати детальну підказку в будь-якому режимі роботи й за будь-якою дією. Крім того, використовується технологія ярличків-підказок, коли при зупинці курсору над якоюсь кнопкою чи керуючим елементом з'являється коротка інформація про цей елемент. Ці засоби дозволяють прискорити освоєння пакету новачками й полегшити роботу з ним досвідченим користувачам.

До складу комплексу *КОМПАС* входять потужний креслярсько-графічний редактор *КОМПАС-ГРАФІК*, інструментальні засоби розробки додатків (комплект API), широкий набір готових бібліотек, що містять типові конструктивні елементи і зображення, конструкторські додатки до *КОМПАС* для проектування деталей типу тіл обертання, пружин і автоматичного оформлення креслень на них, а також утиліти обміну з іншими CAD/CAM системами через стандартні формати DXF і IGES.

Спеціалізована модель дозволяє працювати з кресленням як з

документом, який складається з декількох листів. Кожний лист може складатись з окремих видів (проекцій, розрізів, перетинів), штампа та технічних вимог. У свою чергу, вид можна розбивати на шари (не більше 255).

*КОМПАС-ГРАФІК* має сучасний віконний інтерфейс, що відповідає стандартам Windows. Управління системою забезпечується за допомогою верхнього текстового меню, панелей кнопок, панелі швидкого управління. На відміну від багатьох інших систем САПР, підтримується одночасна робота з декількома документами, а також відображення кожного документу в декількох вікнах. Оформлення екрана кнопочних панелей і значення будь-яких параметрів системи можуть бути налаштовані безпосередньо під час сеансу роботи. Користувач може формувати власні кнопочні панелі, в тому числі підключаючи бібліотечну функцію в якості команди.

#### *Системи середнього класу SOLID EDGE, SOLID WORKS*

*Solid Edge* це CAD система, призначена для розробки не лише деталей, а і складальних одиниць, вузлів; використовується об'ємна графіка 3D; система інтерактивна (побудова в ручному режимі); простота у використанні, параметричність і асоціативність.

#### *Система середнього класу Solid Edge*

*Solid Edge* - сучасна система твердотільного параметричного моделювання середнього класу, створена компанією Unigraphics Solutions Inc. Система була розроблена з метою швидшої та дешевішої розробки виробів з одночасним підвищенням якості, об'єктивної оцінки часу виходу виробу на ринок і витрати на його розробку. *Solid Edge* надає більш широкі можливості в порівнянні з традиційними системами CAD подібного класу. Володіючи "інтелектуальністю", *Solid Edge* пропонує засоби для автоматичного розпізнання та втілення задуму конструктора, які випереджають його кроки в процесі побудови моделі. Ці "інтелектуальні" засоби конструювання дозволяють кардинально скоротити число кроків і операцій, а в кінцевому рахунку і час розробки виробу в цілому.

*Solid Edge* надає користувачу високоефективні можливості для тривимірного моделювання та конструювання складальних вузлів. Крім того, *Solid Edge* може працювати на персональних комп'ютерах середнього класу, що дозволяє заощаджувати кошти на устаткуванні. Нарешті, оскільки *Solid Edge* простий в освоєнні і використанні і, крім того, має вмонтовані засоби для навчання, користувач може одержати значну економію за рахунок самонавчання. Створений спеціально для Windows, *Solid Edge* може бути швидше інтегрований в існуюче середовище автоматизованої розробки виробів машинобудування, що виключає зайві витрати, що неминучі за підтримкою і супроводом різнорідних апаратних платформ і операційних систем, на яких працюють офісні та конструкторські додатки. *Solid Edge* надає новітні засоби для здійснення зв'язку технічних і ділових додатків, що дозволяє уникнути проблем і додаткових витрат при спільному використанні різноманітних програмних систем. Система надає можливість уникнути перекодування даних із різноманітних систем CAD, що гарантує достовірність і цілісність інформації, більш того перекодування ніколи не покращує геометричну модель, не говорячи вже про те, що для цього потрібно спеціальне програмне забезпечення.

### *Система важкого класу UNIGRAPHICS*

Система твердотільного моделювання *Unigraphics* призначена для гібридного моделювання, повного контролю над складними поверхнями в промисловому проектуванні та випуску креслярсько-конструкторської документації.

Унікальний гібридний компілятор системи *Unigraphics* базується на ядрі твердотільного моделювання Parasolid, що підтримує поверхні і тіла будь-якої форми. Перевага Parasolid полягає в Tolerant Modeling, що означає надійну роботу з імпортованими даними, завдання складних закруглень і фасок для граней і ребер будь-якого типу (закачування постійним і перемінним радіусом, виродження граней, що перетинаються і накладаються один на одного закруглення), вибірку обсягу і побудова еквідістант.

*UNIGRAPHICS* дозволяє розробляти віртуальні моделі виробів, які



забезпечують випуск великого числа модифікацій одного виробу. Більшість систем неспроможна забезпечити середовище розробки виробу, що відповідає подібним жорстким вимогам. Але *Unigraphics* цілком задовольняє цим потребам. *Unigraphics* нівелює так звані “процесові серії” - послідовність операцій, що виконуються з деталями одного сімейства або з одним складанням у процесі розробки виробу. Застосування такого автоматизованого інструменту, що об'єднує серії процесів в один, набагато скорочує час випуску виробів. Система *Unigraphics* використовує прогресивний підхід, заснований на концепції майстра-моделі, що дозволяє робити природне нівелювання технологій керування даними.

Гібридне моделювання системи *Unigraphics* об'єднує параметричне моделювання - за допомогою типових елементів - і традиційне геометричне, що є зручним для користувача. Зручний інтерфейс супроводжує інженера на всіх етапах використання системи - від проектування до виробництва і може змінюватися під конкретні вимоги.

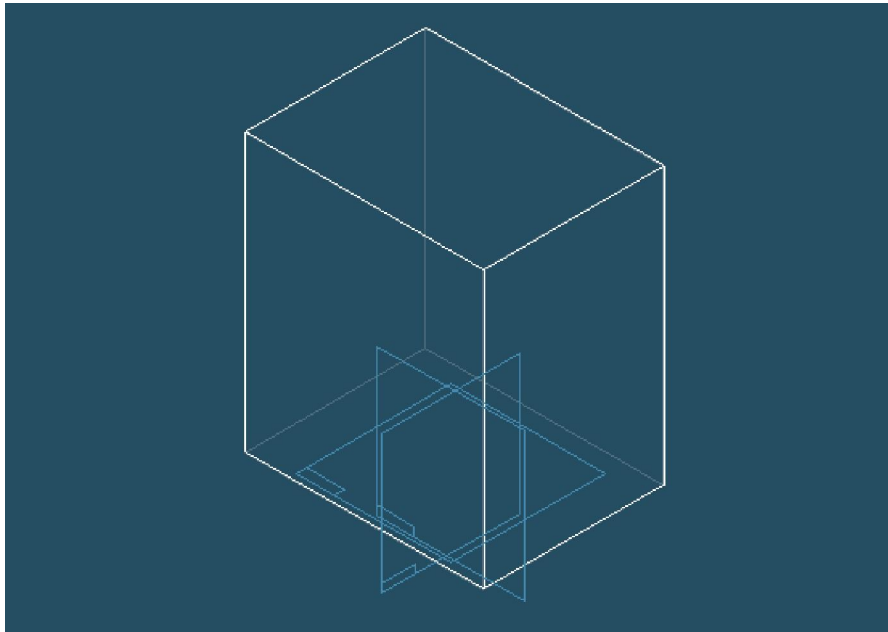
#### **4.4. Побудова корпусу клапана в системі SOLID EDGE**

Корпус клапана складається з чотирьох деталей, це;

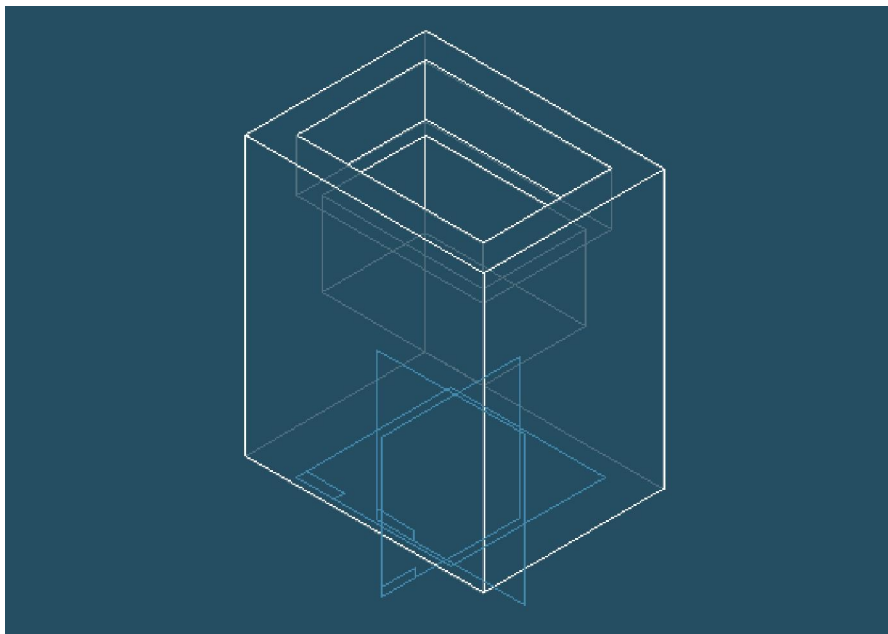
- кришка клапана;
- сідло клапана;
- корпус клапана;
- п'ята.

Побудову розпочнемо з корпусу клапана, а потім будемо з'єднувати його з іншими деталями.

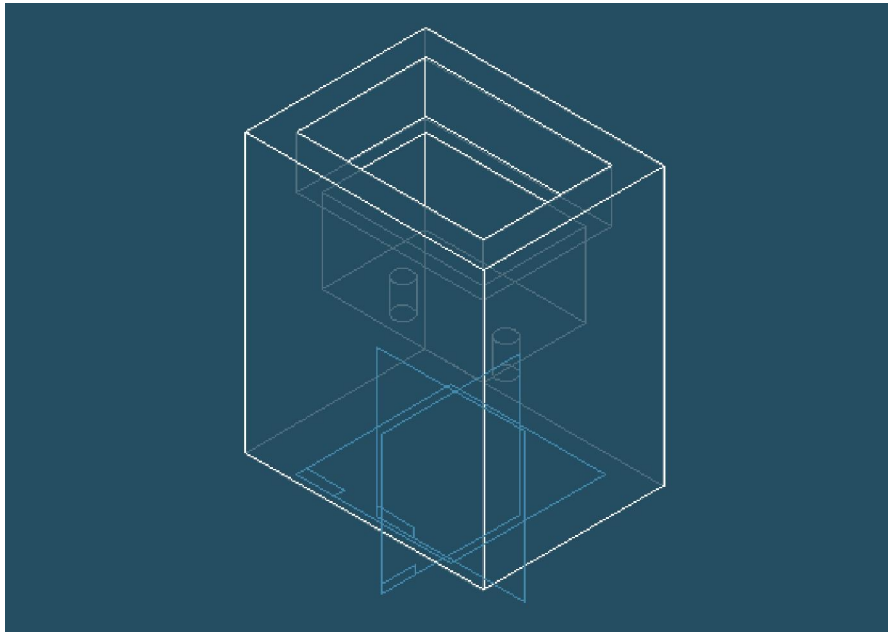
Основу корпусу ми будемо командою виступ.



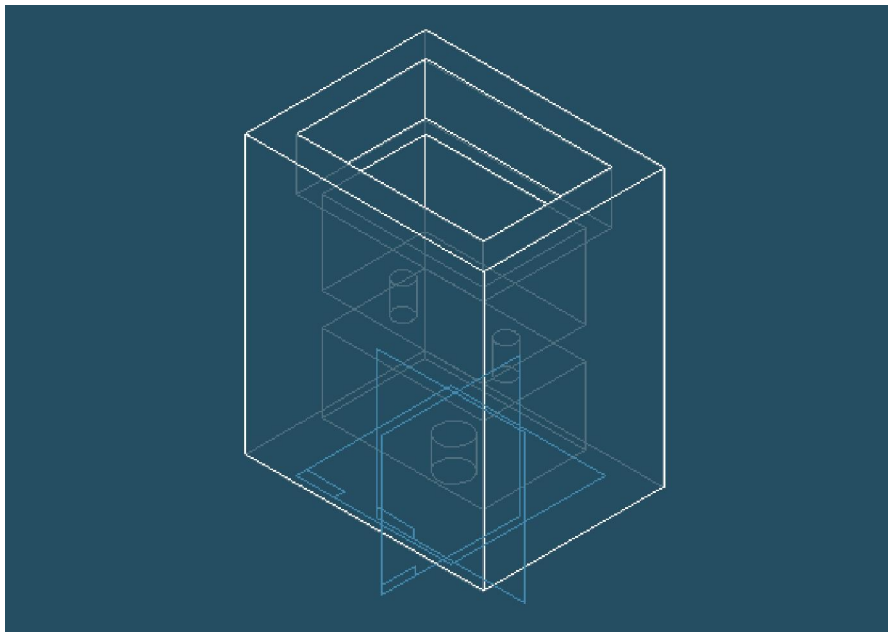
Будуємо два вирізи.



Будуємо два неназскрізні отвори.

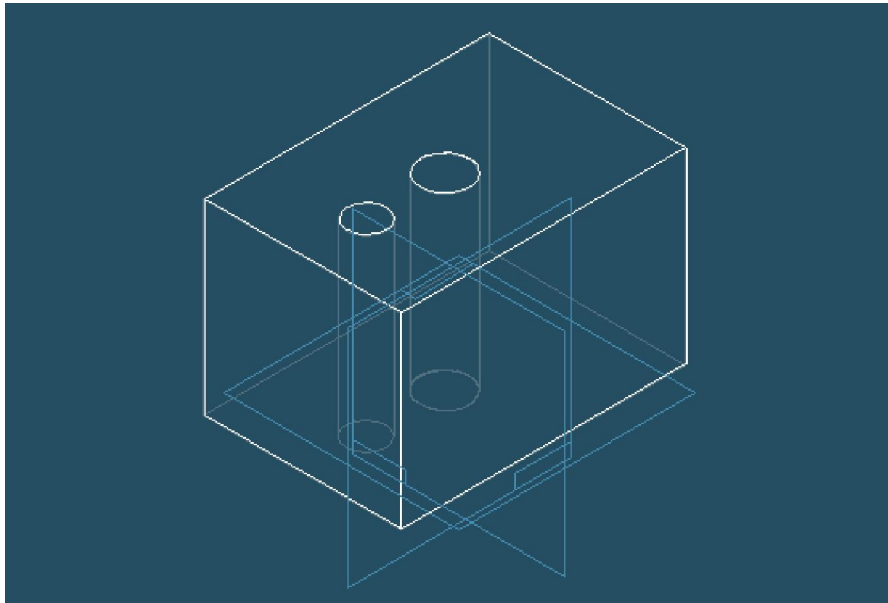


Будуємо виріз в нижній частині, а також наскрізний отвір.

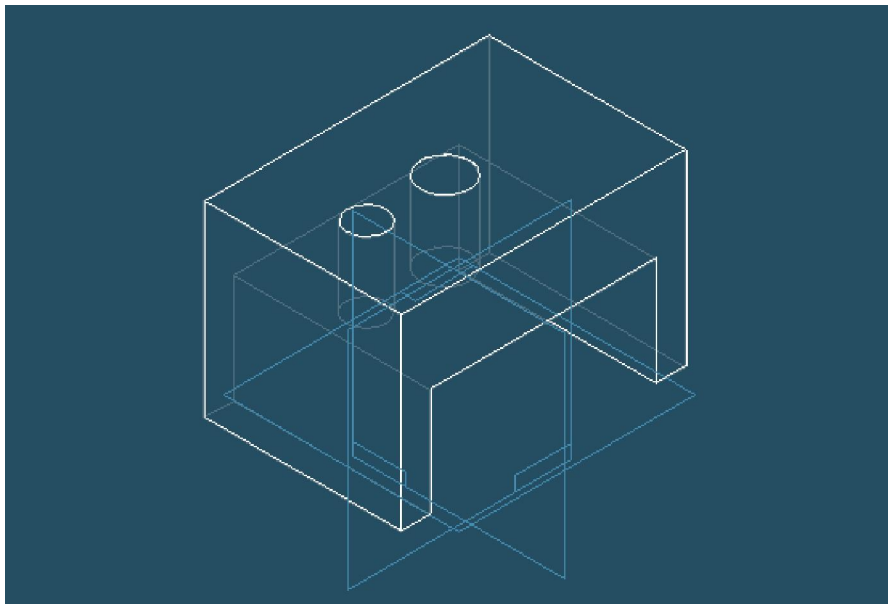


Побудова корпусу закінчена

Будуємо кришку клапана. Побудову проводимо методом витягування.  
Потім будуємо два отвори різного діаметру.

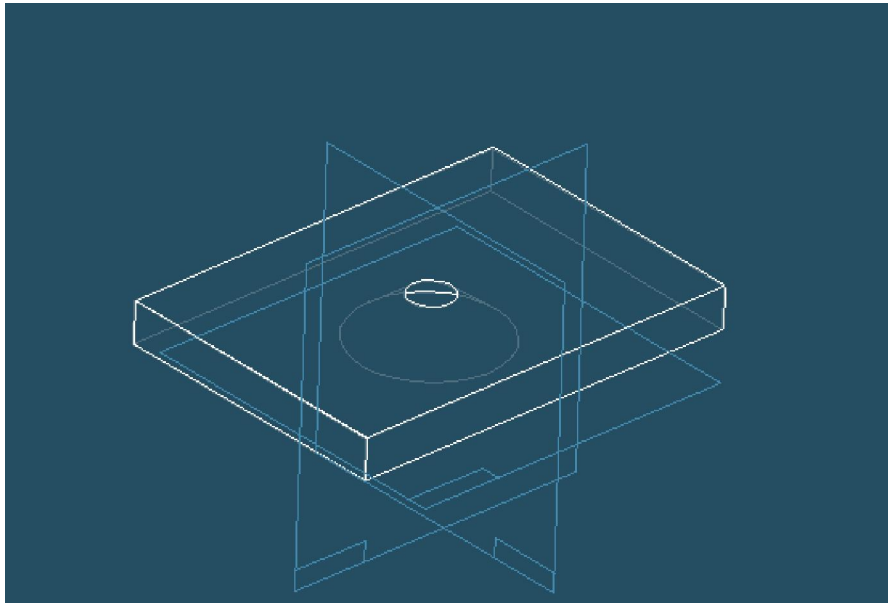


Будуємо виріз в нижній частині клапана.



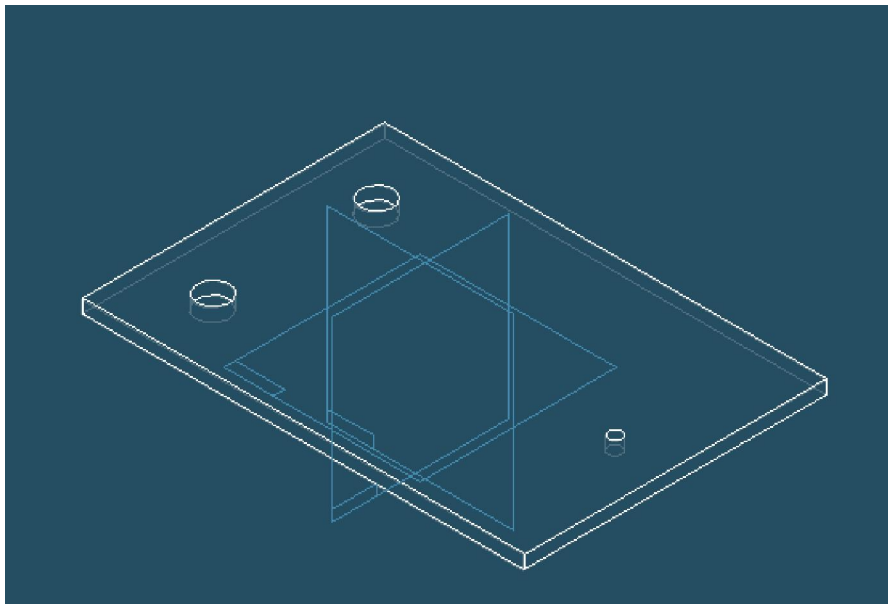
Побудову кришки клапана закінчено.

Далі будуємо сідло клапана. Основу будуємо за допомогою команди виступ, а потім будуємо конусний отвір за допомогою команди виріз - методом обертання.



Побудову сідла клапана закінчено.

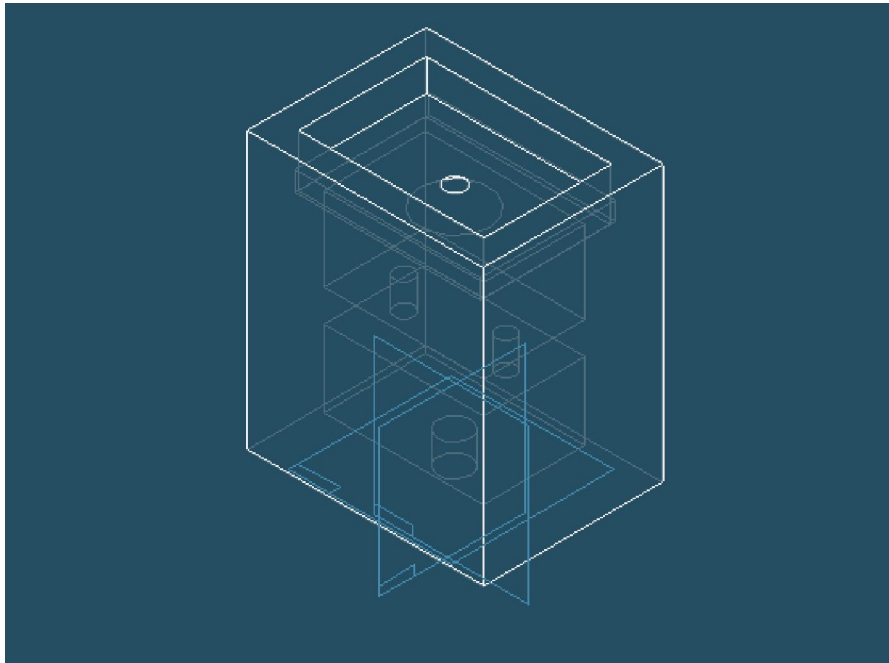
Далі будуємо п'яту. Будуємо основу, а потім три наскрізні отвори



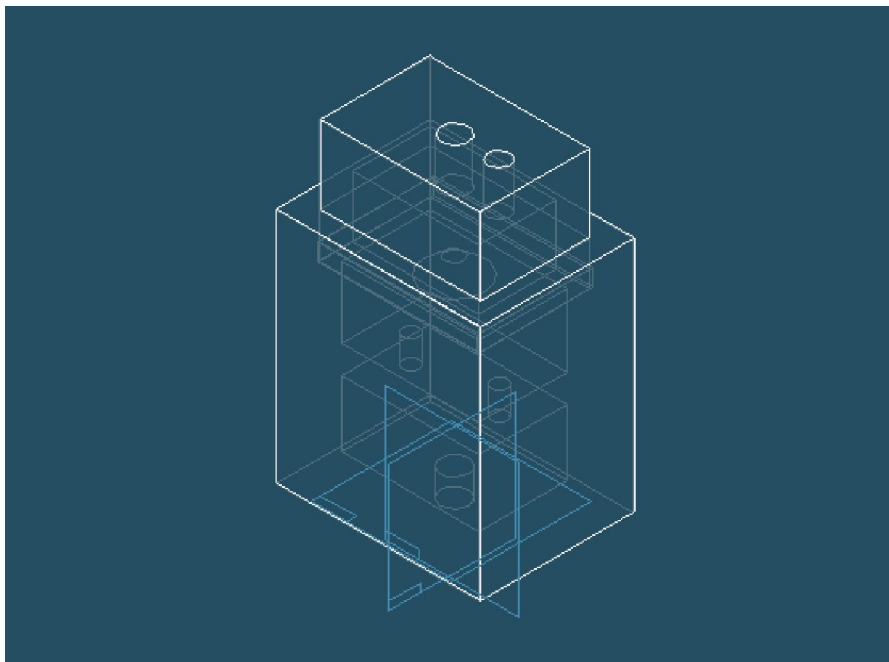
Побудову складальних одиниць закінчено.

### *Складання корпусу клапана в системі SOLID EDGE*

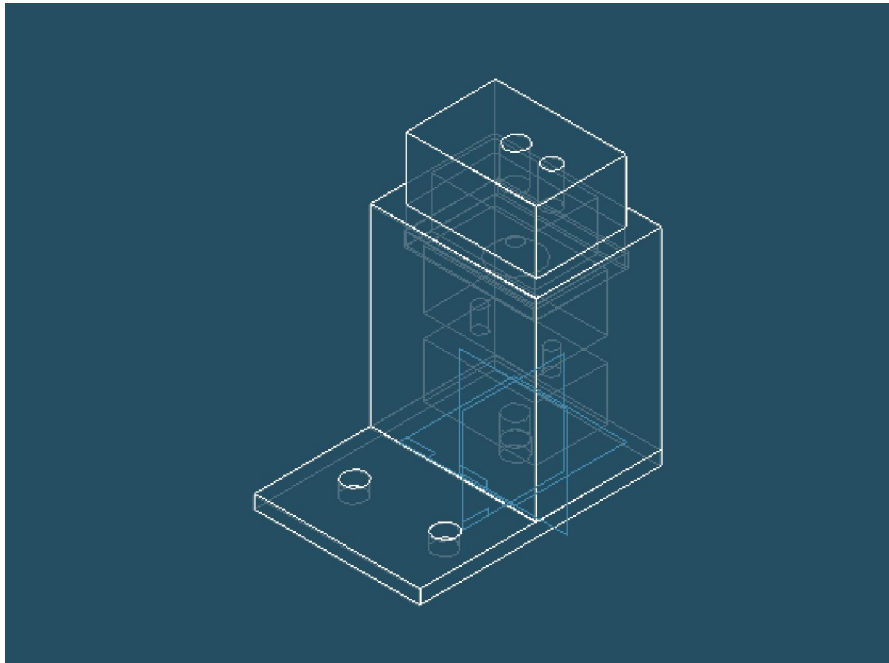
Закінчивши будову всіх вищеназваних деталей проводимо складання. Для цього завантажуюмо „Solid Edge: Сборка” та починаємо переносити наші деталі в середовище складання. В першу чергу переносимо основу корпусу клапана, так як в неї будуємо монтувати всі інші деталі. Далі в корпус клапана вставляємо сідло клапана.



Після монтування сідла клапана, монтуємо кришку клапана



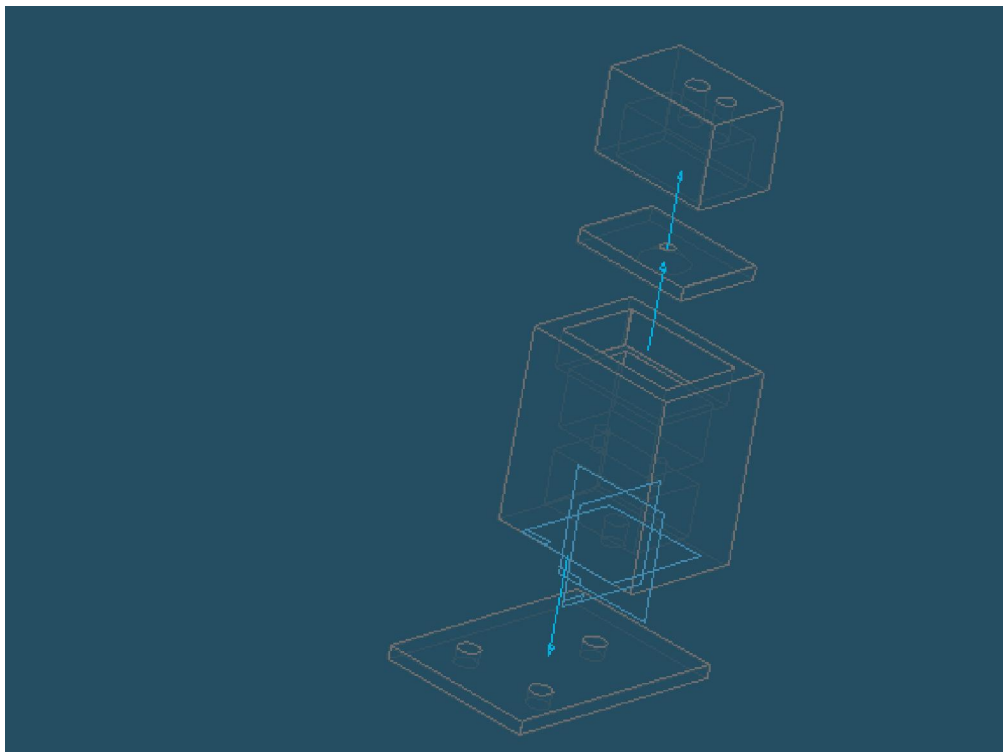
Після монтування кришки клапана, починаємо заключну операцію монтуємо п'яту



Складання корпусу клапана закінчено.

*Рознесення корпусу клапана в системі SOLID EDGE*

Також цю складальню одиницю можна рознести на деталі.



## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1. Загальні вимоги**

1. Роботи з застосування консервантів і допоміжних операцій повинні бути механізовані.
2. Усі види робіт виконуються тільки за допомогою спеціальної апаратури. Не допускається застосування апаратури не по призначенню.
3. Усі роботи з консервантами реєструються в спеціальних журналах; запис оформляє і підписує керівник робіт, а також бригадир.
4. Ці журнали є офіційним документом для органів санітарного нагляду при доборі проб продуктів харчування для визначення в них залишкових кількостей хімікатів, а також при розслідуванні випадків отруєнь людей, тварин, забруднення зовнішнього середовища і т.д.
5. На місцях робіт з консервантами, не допускається збереження продуктів харчування, води, фуражу, предметів домашнього побуту.
6. Забороняється залишати консерванти в полі й інших місцях без охорони. Для тимчасового їхнього утримання (під час проведення робіт) виділяються спеціальні ділянки на відстані не менше 200 м від водойм і місць випасу худоби. Ці ділянки повинні охоронятися.
7. Особи, відповідальні за проведення робіт з консервантами, ведуть строгий облік, записуючи в спеціальних журналах види робіт, дати, застосовувані препарати, об'єкти обробок, кількості що витрачаються й інші.

### **5.2. Контроль якості атмосферного повітря**

1. Рівень забруднення хімікатами атмосферного повітря залежить від фізико-хімічних властивостей застосовуваних препаратів.
2. Застосування консервантів не повинне супроводжуватися надходженням їх в атмосферне повітря населених пунктів у концентраціях, що перевищують гранично припустимі.
3. При складанні в господарствах планів сівозміни необхідно передбачати заходи, щодо охорони повітря населених пунктів.



4. Забороняється авіахімічна обробка ділянок, розташованих ближче 1 км від населених пунктів. Такі ділянки можуть оброблятися тільки за допомогою наземної обробки.

### **5.3. Охорона джерел водопостачання**

1. При обробці консервантами різних об'єктів повинні передбачатися заходи щодо охорони джерел водопостачання.

2. Застосування консервантів у сільському господарстві, допускається тільки при можливості дотримання санітарно-захисної зони не менш 300 м між оброблюваними об'єктами і водоймами. У залежності від місцевих умов (ступінь ухилу полів, характер і інтенсивність трав'янистого і дрововидно-чагарникового покриву) цей розрив за вимогою органів санітарного нагляду може бути збільшений у 2 і більш рази.

3. При необхідності проведення обробок у санітарно-захисній зоні дозволяється застосовувати тільки мало- і середньотоксичні препарати.

4. Застосування хімікатів у поясі зони санітарної охорони господарсько-питних водопроводів категорично забороняється. На всій території пояса встановлюється строгий санітарний нагляд за використанням консервантів. Не допускається застосування в цій зоні високотоксичних, стійких і кумулятивних речовин.

5. При обробці консервантами індивідуальних ділянок повинні бути укріті джерела водопостачання (питні колодязі й ін.)

6. Для контролю за чистотою відкритих водойм добір проб здійснюється як у місці стоку поверхневих вод, так і на різних ділянках на відстані 50 і 100 м від берега. Результати лабораторних досліджень направляються в районні санепідемстанції.

### **5.4. Захист ґрунту**

1. При використанні консервантів у сільському господарстві необхідно приймати міри, спрямовані на попередження нагромадження в ґрунті стійких препаратів з метою охорони харчових продуктів, атмосферного повітря, водойм.

2. На ділянках, у ґрунті яких містяться консерванти в концентраціях, що перевищують припустимі, дозволяється вирощування тільки зернових і технічних культур.

3. У випадку вирощування бульбо- і коренеплодів на оброблених стійкими консервантами ділянках, у ґрунті яких містяться препарати в кількостях, що перевищують припустимі (а також при наявності в ґрунті інших стійких речовин, для яких гігієнічні нормативи ще не встановлені), не допускається використання таких продуктів для харчування людей і на корм худобі без санкції органів ветеринарного санітарного нагляду.

### **5.5. Запобіжні заходи під час перевезення консервантів**

1. Перевезення консервантів зі складів здійснюється транспортом, що здійснює централізовану доставку їх до місця робіт у період їхнього проведення. Перевезення здійснюється в супроводі спеціально виділеної особи, що повинна знаходитися в кабіні автомашини.

2. Перевезені препарати повинні бути упаковані в заводську чи спеціально призначену для цієї мети надійну, що добре закривається тару.

3. Перевезення консервантів здійснюється тільки на спеціально обладнаному транспорті, призначеному для цієї мети. Транспорт повинний мати сигнальні знаки (прапорці, фарбування кузова й ін.), легко піддаватися очищенню і знешкодженню.

4. Категорично забороняється перевозити разом з консервантами харчові продукти й інші товари. Транспорт, призначений для перевезення харчових продуктів і пасажирів, не може бути використаний для транспортування консервантів.

5. При навантажувальних і розвантажувальних роботах не допускаються ушкодження тари, удари, кидки, проливання і розсипання речовин.

6. Особи, що супроводжують транспорт із консервантами, зобов'язані увесь час стежити за станом тари. У випадку її ушкодження машина повинна бути негайно зупинена, тара виправлена. Для усунення ушкоджень тари супровідні особи повинні мати необхідні інструменти і матеріали. У випадку

розливу чи розсипання консервантів на землю чи транспорт треба вжити термінових заходів по їх знешкодженню.

7. По закінченні перевезення консервантів машини й інші транспортні засоби повинні бути ретельно вимиті, вичищені, знешкоджені. Тільки після цього допускається подальша експлуатація транспорту.

8. При транспортуванні влітку, балони і бочки з консервантами необхідно охороняти від нагрівання сонячними променями чи іншими джерелами тепла (закривати їхнім змоченим брезентом).

9. Перевезення консервантів по залізниці повинні здійснюється в закритих вагонах. Вагони повинні мати спеціальне фарбування і маркірування.

### **5.6. Запобіжні заходи при зберіганні і відпуску консервантів**

1. Консерванти повинні зберігатися в спеціально призначених для цього складах.

2. Видача консервантів зі складу сільських господарств здійснюється відповідно до вимоги бригадира за письмовим наказом директора господарства чи інших керівників, відповідальних за проведення робіт у бригаді.

3. Відпуск консервантів здійснюється тільки по вазі або по кількості тарних одиниць із указівкою ваги нетто. Випадково розсипаний препарат повинний негайно убиратися назад у тару, а залишки - знешкоджуватися.

4. Збереження консервантів у складах сільськогосподарських підприємств дозволяється після того, як приміщення буде перевірено органами санітарної служби і на нього складений паспорт. Про завезення консервантів у господарство паспорт доводить до відома районне керування сільського господарства, районну санепідемстанцію, найближчий лікувальний заклад. При виявленні порушень санітарних правил змісту складу, паспорт вилучається державним санітарним наглядом і подальшу експлуатацією його забороняється.

5. Кількість збережених препаратів не повинне перевищувати тоннаж, передбачений проектом складу.

6. Категорично забороняється збереження препаратів безпосередньо на підлозі. Препарати, затаровані в паперові і джутові мішки, дерев'яні ящики, металеві барабани, повинні зберігатися на піддонах у штабелях. Висота

штабелів і стелажів повинна відповідати прийнятої технології збереження препаратів. Препарати з іншими видами упакування (скляні пляшки, металеві каністри, картонні коробки) зберігаються на стелажах і полках.

7. На складах повинні бути пристосування для механізованого розвантаження і навантаження консервантів, а також механізми для перевезення консервантів усередині складу.

8. На складах повинні бути ваги, совки, інструменти для відкривання і закривання тари. У протипожежних цілях склади для збереження консервантів забезпечуються вогнегасниками, ящиками з піском, протипожежними щитами з необхідним інвентарем (багор, лопата, цебро, кирка і т.д. ).

9. Консерванти повинні випускатися хімічними підприємствами в спеціальній тарі заводського виготовлення. Вони зберігаються на складах, перевозяться і відпускаються господарствам у міцної, добре закритій тарі, що відповідає технічним умовам на виготовлення. На усіх видах тари з консервантами повинні бути етикетки, написані незмивною фарбою. В етикетках указується:

- а) товарний знак або найменування підприємства-постачальника;
- б) назва продукту і номінальний відсоток діючої речовини в ньому,
- в) група консерванту, до якої відноситься продукт;
- г) вага бруто і нетто;
- д) номер партії;
- е) дата виготовлення;
- ж) номер стандарту або технічні умови;
- з) позначення "Вогнебезпечно" чи "Вибухонебезпечно" (при наявності в препараті вогнебезпечних і вибухонебезпечних властивостей);
- и) ціна (для упакувань, призначених для роздрібного продажу).

10. До кожної товарної одиниці міцно (суцільним шаром клею) приклеюється коротка інструкція по застосуванню й умовам збереження препарату, надрукована типографським способом.

11. Відповідальність за збереження і видачу консервантів несе комірник, що повинний знати їхнє призначення і правила користування ними.

До робіт на складі можуть залучатися особи, що пройшли медогляд і мають при собі дозвіл на право роботи з хімікатами. Перебування комірника і його помічників на складі допускається тільки на час прийому і видачі препаратів, а також для виконання робіт, зв'язаних з необхідністю перебування на складі.

12. В обов'язки комірника входить: прийом і видача консервантів, здійснення паспортизації, спостереження за цілістю тари, узяття і відправлення проб консервантів на аналіз, організація робіт зі знешкодження інвентарю, порожньої тари з-під консервантів, прибирання і знешкодження території складу, вантажно-розвантажувальних механізмів.

13. Щодня перед початком роботи склад повинний провітрюватися.

14. Усі консерванти, що надходять на склад і відпускаються з нього, записуються в журнал приходу-витрати, прошнурований і пронумерований, із вказівкою в ньому:

- а) найменування хімікату і його паспортних даних;
- б) організації, що відпустила хімікат;
- в) дати надходження і дати відпуску;
- г) вагу бруто і нетто;
- д) документа, на підставі якого зроблений прийом і видача препарату зі складу з вказівкою прізвища особи, що його отримала;
- е) кількість консерванту на складі після видачі або прийому.

15. Книга зберігається комірником на складі в столі або шафі під замком.

16. Відпускаються консерванти з розрахунку на один день роботи, а у окремих випадках (для далеко розташованих бригад і тільки при наявності надійних місць збереження) - на кілька днів.

17. По закінченні робочого дня, невикористані консерванти повинні здаватися на склад, про що здійснюється запис у книзі прийому і видачі хімікатів із вказівкою кількості.

18. Тара з-під препаратів повертається на склад. Тара, що прийшла в непридатність, знищується відповідно до встановленого порядку.

19. Категорично забороняється використовувати тару з під консервантів для збереження харчових продуктів.

### **5.7. Засоби індивідуального захисту**

1. Господарства зобов'язані забезпечувати всіх працюючих з консервантами засобами індивідуального захисту.

2. Підбор засобів індивідуального захисту покладається на осіб, відповідальних за проведення робіт з консервантами. Підбір повинен проводитися в кожному окремому випадку з обліком надходячих у господарства і застосовувані препарати, а також характеру роботи.

3. За кожним працюючим закріплюється комплект індивідуальних захисних засобів: спецодяг, спецвзуття, респіратор (протигаз), захисні окуляри, рукавички (рукавиці) і ін. Захисні засоби повинні підбиратися для кожного працюючого і відповідати його розмірам. До протигазів і респіраторів видаються змінні коробки і патрони.

4. Індивідуальні захисні засоби повинні зберігатися в окремих шафках у гардеробної чи складі в спеціально виділеному чистому, сухому приміщенні. Забороняється зберігати індивідуальні захисні засоби в приміщенні, де зберігаються хімікати. Нести спецодяг і взуття додому, а також носити їх після роботи категорично забороняється.

5. Для попередження потрапляння консервантів в організм через дихальні шляхи необхідно використовувати протипилові респіратори - при роботі з нелетучими порошкоподібними консервантами, респіратори і протигази з патронами і коробками відповідних марок - при роботі з летучими хімікатами (твердими, рідкими, газоподібними).

6. Особи, відповідальні за проведення робіт, повинні оформляти паспорт на кожну протигазову коробку і патрон респіратора.

7. У паспорті відзначається назва хімікату і тривалість роботи.

8. Щодня після роботи гумові лицьові частини протигазів і респіраторів повинні бути ретельно промиті в теплій воді з милом і продезинфіковані ватяним тампоном, змоченим у спирті 0,5% або розчині марганцевокислого калію. Після дезінфекції лицьові частини знову необхідно промити в чистій воді і висушити при температурі 30-35°.

9. Індивідуальний захист від надходження консервантів в організм через шкіру і слизові оболонки очей здійснюється за допомогою спецодягу, спецвзуття, чи рукавиць і захисних окулярів.

10. При роботах з пилоподібними речовинами варто застосовувати спецодяг, виготовлений зі спеціальної пилозахисної тканини типу молескін.

11. При роботах з рідкими препаратами (готування робочих розчинів, заправлення обприскувачів, обприскування і т.д. ) повинен застосовуватися спецодяг із тканини зі спеціальним просоченням, зі знімними деталями (фартух, наруківники й ін.) із плівкових матеріалів.

12. Для захисту рук при роботі з концентратами емульсії, розчинами й іншими рідкими формами застосовуються гумові рукавички, при роботі з пилоподібними препаратами - рукавиці бавовняні з плівковим покриттям. Забороняється використання медичних гумових рукавичок.

13. При роботах з пилоподібними консервантами, як спецвзуття варто застосовувати брезентові бахіли, при роботах з рідкими препаратами - гумові чоботи. При роботі на складах хімікатів - шкіряне спецвзуття.

14. Для захисту очей від консервантів варто застосовувати протипилеві окуляри. Для запобігання запотівання очкових стекол варто користатися кляршайбами з плівки НП (вкладається усередину захисних окулярів).

15. Індивідуальні захисні засоби по закінченні роботи варто знімати в наступному порядку: не знімаючи з рук вимити гумові рукавички в знешкоджуючому розчині (3-5%-ний розчин кальцинованої соди, вапняне молоко), промити їх у воді, зняти захисні окуляри, респіратор, чоботи і комбінезон, знову промити рукавички в знешкоджуючому розчині і воді, зняти їх.

## 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ

Проведення розрахунку проводимо за умови, що функціональні показники сіноворушилок є однаковими або суттєво між собою не відрізняються. За базову (еталонну) машину приймаю сіноворушилку ВЦН-Ф-3.

Таблиця 6.1. Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності дослідної машини

Назва показників	Позначення та одиниця виміру	Базова	Удосконалена
1. Балансова ціна	$C_б$	9000	10000
2. Потужність двигуна трактора	$N$ , кВт	55	55
3. Питома витрата палива	$D$ , гр./кВт.год	252	252
4. Ціна 1 кг. палива	$C_п$ , грн.	29,0	29,0
5. Урожайність	$A_в$ , ц/га	55	55
6. Кількість обслуговуючого персоналу	$n$ , чол	1	1
7. Тарифна ставка	$t$ , грн/год	50,0	50,0
8. Норма відрахувань: на поточний ремонт на амортизацію	$r$ , % $a$ , %	7 16	7 16
9. Коефіцієнт експлуатаційної надійності	$K_{ен}$	0,95	0,95
10. Коефіцієнт використання потужності двигуна трактора	$\Delta_d$	0,71	0,71
11. Ціна консерванта	$C_к$ , грн./т	27,0	-

Визначаємо змінну продуктивність за формулою:

$$W = 0.1B_p \cdot V_p \cdot \tau \quad (6.1)$$

де:  $B_p$  – робоча ширина захвату, м.

Вона складає  $B_p=3м$ ;

$V_p$  – фактична робоча швидкість, км/год.. на четвертій передачі. Вона складає  $V_p=8.9 км/год$ .

$\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни:

для еталонної машини приймаємо  $\tau=0,8$ ;



для дослідної машини –  $\tau=0,7$ .

Маючи ці дані розраховуємо продуктивність за годину часу зміни:

для базової машини:

$$W_{з\partial} = 0,1 \cdot 3 \cdot 8,9 \cdot 0,7 = 1,9, \text{ га/зм.} \quad (6.2)$$

для нової машини:

$$W_{зе} = 0,1 \cdot 3 \cdot 8,9 \cdot 0,8 = 2,1, \text{ га/зм} \quad (6.3)$$

Визначаємо експлуатаційні видатки на одиницю продукції за формулою:

$$B = Z_o + A + P + Z_{пмм} \quad (6.4)$$

де:  $Z_o$  – питома заробітна плата тракториста, грн./га;

$A$  – питомі витрати на амортизацію, грн./га;

$P$  – питомі витрати на поточний ремонт, грн./га;

$Z_{пмм}$  – затрати на пально-мастильні матеріали, грн./га.

Визначаємо затрати на заробітну плату тракториста за формулою:

$$Z_o = \frac{t_{зод}}{П_{зм}}, \text{ грн./га} \quad (6.5)$$

для базової машини:

$$Z_{од} = \frac{2,85}{1,9} = 1,5, \text{ грн./га} \quad (6.6)$$

для нової машини:

$$Z_{oe} = \frac{2,62}{2,1} = 1,2, \text{ грн./га} \quad (6.7)$$

Визначаємо питомі витрати на амортизацію визначаємо за формулою:

$$A = \frac{Ц_{\sigma} \cdot a}{100 П_{зм} \cdot t_p}, \text{ грн./га} \quad (6.8)$$

для базової машини:

$$A_a = \frac{9000 \cdot 16}{100 \cdot 1,9 \cdot 150} = 9,6, \text{ грн./га} \quad (6.9)$$

для нової машини:

$$A_a = \frac{10000 \cdot 16}{100 \cdot 2,1 \cdot 150} = 10,67, \text{ грн./га} \quad (6.10)$$

Визначаємо витрати на поточний ремонт за формулою:

$$P = \frac{Ц_{\delta} \cdot r}{100 \cdot П_{зм} \cdot t_p}, \text{ грн./га.} \quad (6.11)$$

для базової машини:

$$D_{\hat{a}} = \frac{90000 \cdot 7}{100 \cdot 1,9 \cdot 150} = 4,2, \text{ грн./га.} \quad (6.12)$$

для нової машини:

$$D_{\hat{a}} = \frac{10000 \cdot 7}{100 \cdot 2,1 \cdot 150} = 4,66, \text{ грн./га.} \quad (6.13)$$

Визначаємо затрати на паливно-мастильні матеріали за формулою:

$$Z_{нмм} = \frac{(N \cdot \Delta_{\delta} \cdot D \cdot Ц_n)}{1000 \cdot П_{зм}}, \text{ грн./га} \quad (6.14)$$

для базової машини:

$$C_{\hat{m}} = \frac{(55 \cdot 0,71 \cdot 252 \cdot 29)}{1000 \cdot 1,9} = 150,2, \text{ грн./га} \quad (6.15)$$

для нової машини:

$$C_{\hat{m}} = \frac{(55 \cdot 0,71 \cdot 252 \cdot 29)}{1000 \cdot 2,1} = 135,9, \text{ грн./га} \quad (6.16)$$

Отже експлуатаційні видатки на одиницю продуктивності для базової машини будуть становити:

$$\hat{A}_{\hat{a}} = 26,32 + 9,6 + 4,2 + 150,2 = 190,314, \text{ грн./га} \quad (6.17)$$

для нової машини:

$$\hat{A}_{\hat{a}} = 23,81 + 10,67 + 4,66 + 135,9 = 175,03, \text{ грн./га} \quad (6.18)$$

Визначаємо річну економію від зниження експлуатаційних видатків на одну машину за формулою:

$$\hat{A}_{\hat{a}} = (\hat{A}_{\hat{a}} - \hat{A}_{\hat{a}}) \cdot \hat{I}_{\hat{c}i} \cdot t_p = (190,31 - 175,03) \cdot 1,9 \cdot 150 = 4354,10, \text{ грн} \quad (6.19)$$

Визначаємо питомі капіталовкладення за формулою:

$$K_n = \frac{Ц_{\delta}}{П_{зм} \cdot t_p}, \text{ грн./га} \quad (6.20)$$

для базової машини:

$$\hat{E}_{\hat{a}} = \frac{9000}{150} = 60,0, \text{ грн./га} \quad (6.21)$$

для нової машин:

$$\hat{E}_{i\ddot{a}} = \frac{10000}{150} = 66,67, \text{ грн./га} \quad (6.22)$$

Визначаємо приведені затрати на виконання операцій за формулою:

для нової машини:

$$I = B + K_{ne} \cdot E \quad (6.23)$$

де:  $B$  – експлуатаційні видатки на виконання технологічної операції;

$E$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень  
(0,12-0,15).

для базової машини:

$$I' = 190,314 + 60,0 \cdot 0,15 = 199,3, \text{ грн./га} \quad (6.24)$$

для нової машин:

$$I' \hat{a} = 175,03 + 66,67 \cdot 0,15 = 185,0, \text{ грн./га} \quad (6.25)$$

Зниження питомих капіталовкладень складає:

$$\hat{E} = \left[ \frac{(\hat{E}_{i\ddot{a}} - \hat{E}_{i\ddot{a}})}{\hat{E}_{i\ddot{a}}} \right] \times 100 = \left[ \frac{(66,67 - 60,0)}{60,0} \right] \times 100 = 16,1\%. \quad (6.26)$$

Отже річний економічний ефект складає:

$$\begin{aligned} \hat{A}_{\delta} &= [(\hat{A}_{\hat{a}} - \hat{A}_{\hat{a}}) + \hat{A}_{i} \cdot (\hat{E}_{i\ddot{a}} - \hat{E}_{i\ddot{a}})] \dot{I}'_{\dot{c}i} \cdot t_{\delta} = \\ &= [(190,31 - 175,03) + 0,15 \cdot (66,67 - 60,0)] 150 = 2441,7, \text{ грн} \end{aligned} \quad (6.27)$$

Визначаємо термін окупності за формулою:

$$\dot{O}_{i\ddot{e}} = \frac{\ddot{O}_{\hat{a}\hat{a}}}{\hat{A}_{\hat{a}\hat{a}\hat{o}}} = \frac{10000}{232466,63} = 0,04 \quad \text{роки} \quad (6.28)$$

Питомі затрати праці визначаємо за формулою:

$$Z_n = \frac{1}{W_3}, \text{ люд-год/га} \quad (6.29)$$

для базової машини:

$$Z_{n\delta} = \frac{1}{1,9} = 0,53, \text{ люд-год/га} \quad (6.30)$$

для нової машини:

$$Z_{ne} = \frac{1}{2,1} = 0,48, \text{ люд-год/га} \quad (6.31)$$

Зниження питомих затрат праці становить:

$$C_n = \left[ \frac{z_{ne} - z_{no}}{z_{ne}} \right] \times 100 = \left[ \frac{0,48 - 0,53}{0,47} \right] \times 100 = 10,4\% \quad (6.32)$$

Запропонована ворушилка дозволяє скоротити термін заготівлі сіна за рахунок прискорення швидкості польового сушіння трави, а це в свою чергу дасть змогу, за рахунок зменшення втрат поживних речовин, підвищити поживності сіна приблизно на 10%. Таким чином, запропонована машина дозволить одержати додаткову продукцію за рахунок зменшення втрат поживних речовин при заготівлі сіна.

Поживність 1 кг сіна люцерни в середньому складає 0,45 кормових одиниць. Тоді, запровадження ворушилки дозволить зменшити втрати поживних речовин, на  $\frac{0,45 \cdot 10}{100} = 0,045$  кормових одиниць, тобто дозволить отримати додаткову продукцію.

Відомо, що за кормову одиницю прийнято поживність одного кілограма вівса. При закупівельній ціні вівса 6800 грн/т, або 6,8 грн/кг запровадження ворушилки дасть змогу одержати грошовий еквівалент  $0,045 \cdot 6,8 = 0,306$  гривень на один кілограм сіна. При врожайності сіна 55 центнерів з гектара можна одержати додаткову продукцію, яка в грошовому еквіваленті буде становити:

$$\dot{A}_r = 5500 \cdot 0,306 = 1683 \text{ грн/га.}$$

Таким чином, запровадження у виробництво запропонованої машини дасть змогу, за рахунок зменшення втрат при заготівлі сіна, одержати додаткову продукцію, яка оцінюється в сумі 1683 грн/га.

Річний економічний ефект від експлуатації машини визначимо за формулою:

$$E_{p.эф} = (B_{eб} - B_{eд} + D_n) \cdot P \quad (6.33)$$

де:  $P$  – площа посівів люцерни, яка відведена в господарстві під сіно, га,  $P=150$  га.

Тоді,

$$A_{\delta.а\delta} = (190,314 - 175,037 + 1683 - 27 * 5,5) \cdot 150 = 232466,6 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.2. Порівняльна оцінка економічної ефективності дослідної і базової машини

Назва показників	Позначення та одиниця виміру	Технологія	
		Базова	Удосконалена
Балансова ціна машини	$C_б$ , грн	9000	10000
Затрати на заробітну плату	$Z_о$ , грн./га	26,32	23,81
Питомі витрати на амортизацію	$A$ , грн./га	9,6	10,67
Витрати на поточний ремонт	$P$ , грн./га	4,2	4,66
Затрати на паливно-мастильні матеріали	$Z_{пмм}$ , грн./га	150,2	135,9
Питомі капіталовкладення	$K_п$ , грн./га	60,0	66,67
Прямі експлуатаційні витрати	$\Pi$ , грн./га	190,31	175,03
Питомі затрати праці	$Z_п$ , люд-год/га	0,53	0,48
Річний економічний ефект	$E_{p.эф}$ , грн	-	232466,63
Термін окупності	$T_{ок}$ , років	-	0,04

## ВИСНОВКИ

В магістерській роботі ми провели порівняльну характеристику машин, прийнявши за базову (еталонну) сіноворушилку.

Проаналізувавши способи заготівлі сіна люцерни та технічні засоби для їх реалізації ми прийшли до висновку, що погодні умови не завжди дозволяють в короткі строки зібрати урожай.

Запропонована ворушилка дозволяє скоротити термін заготівлі сіна за рахунок прискорення швидкості польового сушіння трави та суміщенні операцій внесення рідких консервантів та перевертання валків сіна.

Також така технологія дозволить збирати сіно підвищеної вологості, зберігати його якість без підсушування активним вентиляванням.

Таким чином, запропонована машина дозволить одержати додаткову продукцію за рахунок зменшення втрат поживних речовин при заготівлі сіна. Запровадження ворушилки дозволить зменшити втрати поживних речовин, на 0,045 кормових одиниць, тобто дозволить отримати додаткову продукцію.

Отже, наведена в даній магістерській роботі модернізована машина може зайняти досить вагоме місце на ринку сільськогосподарської техніки у галузі заготівлі сіна.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анурьев В. И., Справочник конструктора-машиностроителя., Том 1., М. – 1980. – 728 с.
2. Анурьев В. И., Справочник конструктора – машиностроителя., издание 3-е переработанное и дополненное. – М. – 1967. – 688 с.
3. Борисова В. А. Підвищення конкурентоспроможності підприємства АПК. – 2000.
4. Венедиктов А. М., Справочник по кормлению сельскохозяйственных животных. – М. -1983. – 302 с.
5. Гарькавий А. Д., Петриненко В. Ф., Спірін А. В., Конкурентоспроможність технологій і машин: Навчальний посібник. Вінниця: ВДАУ.: Тірас 2003 р.-68 с.
6. Гарькавий А. Д., Серета Л. П., Спірін А. В., Вільховий М. І., Обґрунтування рішень при модернізації технологій і оновленні парку машин. – Вінниця. – 2000.
7. Денисенко А. Г., Бабича., Рабочая тетрадь агронома по кормопроизводству. –К.: Урожай 1987 р. -222 с.
8. Даценко І. І., Габович Р. Д. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології. –К.: Здоров'я. – 1999. – 694 с.
9. Жидецький В. Ц., Основи охорони праці. Підручник. – 2002. – 318 с.
10. Жидецький В. Ц., Джигурей В. С., Практикум із охорони праці. - Навчальний посібник. – 2000. – 348 с.
11. Зінченко Б. С., Довідник по виробництву насіння багаторічних трав.-К.: Урожай 1990 р. -232 с.
12. Ільченко В. І., Нагірний Ю. П., Джолос П. А. та ін. Машиновикористання в землеробстві. – К.: Урожай 1996. – 157 с.
13. Ільченко В. Ю., Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві.-К.: Урожай 1993 р.-284 с.
14. Методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт
15. Нагірний Ю. П., Обґрунтування інженерних рішень.-К.: Урожай 1994р.-

215с.

16. Полупанов Ф. П., Організація і технологія виробництва сільськогосподарських культур.-К.: Урожай 1971 р.-359 с.
17. Филипп Котлер., Основы маркетинга. – М.: Бизнес-книга 1995 год.