

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ____ ” _____ 2024р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
магістр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Удосконалення та обґрунтування параметрів технології
вилучення перги із сотих і режимів роботи відцентрового скарифкатора.»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 23 м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Юрченко В.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник канд. с-г наук, доцент Головатюк А.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма магістр

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

А.В. Войтік

“ ” 2024р

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)**

студенту Юрченко Владислав Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення та обґрунтування параметрів технології вилучення перги із сотих і режимів роботи відцентрового скарифкатора»

керівник роботи Головатюк Анатолій Анатолійович, канд. с-г наук, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 24 ” вересня 2024 р. № 01-06/258

2. Строк подання студентом роботи 20.11.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості пергових стільників, теоретичне дослідження процесу впливу сил інерції на стільникову рамку для визначення необхідної потужності відцентрового скарифкатора для забезпечення процесу скарифкації пергових сотів.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; аналіз способів і засобів скарифкації пергових сотів та їх фізико-механічні властивості; дослідити процес роботи скарифкатора пергових сот; охорону праці; дослідити процес скарифкації пергових сот у виробничих умовах, надати результати впровадження та економічну ефективність; зробити загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної роботи: мета і завдання дослідження; конструктивно-технологічної схеми дослідження процесу скарифкації пергових сот, результати впровадження та економічну ефективність; висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/ п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	16.10.2023 р.	
2.	Розділ 1. Сучасний стан досліджуваного питання. Мета та завдання дослідження	14.11.2023 р.	
4.	Розділ 2. Теоретичні дослідження	05.02.2024 р.	
5.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	4.03.2024 р.	
6.	Розділ 4. Охорона праці	24.05.2024 р.	
7.	Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування запропонованої технології	15.09.2024р.	
8.	Виконання ілюстративної частини роботи	5.10.2024р.	
9.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.10.2024 р.	

Студент

(підпис)

Юрченко В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Головатюк А.А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Метою роботи є підвищення ефективності процесу вилучення перги з бджолиних стільників шляхом розробки та застосування відцентрового способу та пристрою для їх скарифікації, внаслідок чого зберігається цілісність гранул перги та знижуються витрати енергії та праці.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та завдання досліджень, наукову новизна дисертаційного дослідження. Наведено основні наукові положення, що виносяться на захист.

У першому розділі дано аналіз способів та засобів скарифікації пергових сотів. Наведено аналіз виконаних досліджень щодо скарифікації пергових стільників. Обґрунтовано необхідність створення відцентрового скарифікатора, що дозволяє інтенсифікувати процес скарифікації пергових стільників, що у свою чергу веде до підвищення продуктивності лінії та зниження витрат.

У другому розділі представлені результати визначення вологості перги. Досліджено розміщення та довжина гранул перги в осередках сотів. Визначено співвідношення маси пергу, воску та рамки стільника. Визначено напруження, що руйнують пергові стільники. Дано опис використовуваних для проведення досліджень приладів, установок та вимірювальної апаратури.

У третьому розділі представлена схема технологічного процесу вилучення перги з бджолиних стільників з використанням відцентрового скарифікатора. Наведено конструктивно-технологічну схему відцентрового скарифікатора та надано опис його роботи. Теоретично обґрунтовано основні параметри та режими роботи відцентрового скарифікатора. Представлено програму та методику досліджень, наведено опис установки для відцентрової скарифікації, обладнання та приладів, представлено результати досліджень. Обробка дослідних даних експериментів проводилася за допомогою програм «Microsoft Office Excel 2007» та «Statistica 9.0». Визначено раціональні значення факторів та рівні їх варіювання для роботи відцентрового скарифікатора.

У п'ятому розділі представлена програма, методика та результати виробничих випробувань. Викладено методику та розрахунок економічної ефективності розробленого відцентрового скарифкатора.

За результатами проведених досліджень зроблено висновки. Наведено список літератури.

Структура та обсяг роботи. Робота містить: вступ, п'ять розділів, висновки, список літератури. Робота викладена на 79 сторінках друкованого тексту, включає 51 рисунок і 4 таблиці. Список літератури складається із 52 найменувань

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ СКАРИФІКАЦІЇ ПЕРГОВИХ СОТІВ.	
1.1 Перга в житті бджіл та людини. Аналіз способів скарифікації пергових стільників.	8
1.2 Аналіз засобів скарифікації пергових сотів	14
1.3 Аналіз виконаних досліджень зі скарифікації пергових стільників.	19
1.4 Постановка проблеми, мета роботи та завдання досліджень	23
РОЗДІЛ 2 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЕРГОВИХ СТІЛЬНИКІВ.	
2.1 Програма та методика досліджень.	24
2.2 Результати визначення розміщення та довжини гранул перги в осередках сотів.	28
2.3 Результати визначення співвідношення маси пергу, воску та рамки стільника.	30
2.4 Результати визначення напруг руйнування пергових стільників	32
2.5 Конструктивно-технологічна схема відцентрового скарифікатора	36
2.6 Теоретичне дослідження процесу впливу сил інерції на стільникову рамку.	42
2.7 Визначення необхідної потужності відцентрового скарифікатора для забезпечення процесу скарифікації пергових сотів	44
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ СКАРИФІКАТОРА ПЕРГОВИХ СОТІВ.	
3.1 Програма та методика досліджень.	46
3.2 Результати дослідження впливу часу сушіння на швидкість сушіння перги.	55
3.3 Результати дослідження впливу товщини гумового полотна та частоти обертання ротора на швидкість сушіння перги.	55
3.4 Результати дослідження впливу товщини гумового полотна та маси пергового стільника на енерговитрати у процесі скарифікації	57
3.5 Результати порівняння теоретичних та експериментальних досліджень. Висновки.	58
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.	
4.1. Дослідження системи управління охороною праці в господарстві	61
4.2. Розробка проекту інструкції з охорони праці у бджільництві, загальні вимоги.	61
4.3. Вимоги безпеки перед початком роботи та під час виконання роботи.	62
4.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	62
РОЗДІЛ 5 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СКАРИФІКАЦІЇ ПЕРГОВИХ СОТ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ, РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.	
5.1 Програма та методика досліджень	64
5.2 Результати виробничих випробувань	67
5.3 Результати застосування установки	69
5.4 Економічна ефективність застосування установки для скарифікації пергових стільників. Висновки.	70
ВИСНОВКИ	74
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	76

ВСТУП

Бджільництво є однією з найдавніших галузей сільського господарства. В даний час бджільництво має слабку підтримку з боку держави, але завдяки роботі Науково-дослідного інституту бджільництва, вчених та бджолярів продовжує подальший розвиток. З'являється все більше механізованого та вдосконаленого обладнання.

Перга – це квітковий пилок рослин, зібраний бджолами, перероблений, укладений і законсервований в осередках сотів. Бджоли використовують її для вирощування розплоду.

Перга широко використовується в народній медицині для лікування багатьох захворювань людей, а також у медичній, вітамінній та косметичній промисловості. Особливо потрібна перга маленьким дітям, людям похилого віку та народам крайньої півночі як біологічно активний продукт.

Донедавна перга заготовлялася у мізерних кількостях. При перетопці сотів вона забруднювала воскову сировину та знижувала вихід воску. Вчені та бджолярі давно шукали раціональні способи відокремлення перги від воскової сировини.

На сьогоднішній день найкращою для виробництва перги в промислових масштабах є технологія, що включає наступні операції: осушення пергових стільників від залишків меду за допомогою бджіл, скарифікація, сушіння, відділення воскопергової маси від рамки, охолодження, подрібнення та поділ на гранули перги та воскову сировину пневмопар.

Щоб гранули перги не налипали на робочі органи агрегату в процесі вилучення зі стільників і зберігалися якомога довше, їх вологість не повинна перевищувати 14-15%. Для цього пергові стільники підсушують на найбільш придатній для даної технології конвективної сушарки. З всіх операцій на сушіння витрачається найбільше часу та енергії.

Скоротити ці витрати можна лише за допомогою скарифікації пергових стільників. Скарифікація – це пошкодження поверхневого шару якогось тіла, а в даному випадку – поверхні пергових гранул.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ СКАРИФІКАЦІЇ ПЕРГОВИХ СОТІВ.

1.1 Перга в житті бджіл та людини. Аналіз способів скарифікації пергових стільників.

Перга - квітковий пилок, зібрана медоносною бджолою, укладена в осередки сотів, залита медом і законсервована молочною кислотою, що утворюється. У порівнянні з пилом перга має кращу засвоюваність і довше зберігається, вона багата на вітаміни і незамінні амінокислоти [1, 2, 14, 15]. Перга є незамінним білковим кормом для личинок та дорослих бджіл. В даний час пергу одержують у промислових масштабах, і вона знайшла застосування в медицині, косметології, харчовій, вітамінній та інших промисловостях [13, 14, 2, 9, 13, 22, 28].

Цей унікальний за набором та збалансованістю компонентів природний продукт налічує у своєму складі понад 250 різних сполук. Встановлено, що до складу перги входять різні білки (близько 30 %), у тому числі ферменти (каталаза, амілаза, інвертаза, аденозинтрифосфатаза), коферменти, 21 амінокислота, всі відомі вітаміни, дезоксирибоза (входить до складу нуклеїнових кислот), гормони, пігменти та інші біологічно активні речовини, а також багато мікроелементів. Зі 100 г перги можна отримати стільки ж необхідних організму людини амінокислот, скільки з півкілограма яловичини. Добову потребу людини в амінокислотах можуть покрити 30 г перги [12].

Застосування перги у багатьох випадках сприяє лікуванню захворювань шлунково-кишкового тракту (гастрити, виразкова хвороба, ентерити, інфекційні захворювання кишківника), дисбактеріоз та інші хвороби печінки; сечових шляхів та нирок; системи кровообігу та крові; нервової та ендокринної систем [1, 6, 8, 14, 18, 19, 25].

Відзначено випадки ефективності використання перги при лікуванні туберкульозу, простатиту, діабету, атеросклерозу, запалення мозкових оболонок, шкірних та інших захворювань [1, 6].

Рекомендують застосовувати пергу при підвищених фізичних та розумових навантаженнях. Особливо ефективний цей продукт при анемії (малокров'ї). Застосовується для зміцнення молодого та підтримки здорового організму [2, 5, 15].

В останні роки інтерес до пергу різко зріс завдяки багатьом її перевагам перед пилком. Вона збалансована за всіма поживними речовинами, незамінними амінокислотами, оскільки готується бджолами на основі пилку різних видів рослин, а пилок деяких не містить окремі незамінні амінокислоти (наприклад, у пилку кульбаби відсутні три, а в пилку вербових – дві незамінні амінокислоти). Перга стає мікробіологічно стерильною з наявністю дріжджів лише кількох видів, із пилку виділено 148 видів дріжджів. У перзі повністю відсутні мікотоксини (продукти життєдіяльності грибків, які дуже швидко розвиваються у вологому пилку). У перги значно ширший спектр впливу на організм людини внаслідок більш багатого набору та максимальної безпеки біологічно активної її частини. Зберігається перга довше, ніж пилок, пов'язано це з тим, що перга герметично закрита в комірках стільників медо-пергової кришечкою. У сухому, прохолодному місці перга зберігає свої властивості до 17 років, а не 1 рік, як пилок, який вже на стадії консервації та сушіння втрачає дуже багато біологічно активних речовин. На отримання перги бджоляр витрачає менше праці порівняно із заготівлею пилку, що визначає більш низьку її собівартість та більшу доступність масовому споживачеві [11, 12, 25, 26, 27, 30].

Таким чином, заготовляти пергу вигідніше та доцільніше, завдяки її найціннішим властивостям, високій вартості та тривалості зберігання.

Розробкою центрифуг займалися Земсков В.І., Курочкін А.А., Попов А.С., Фролов Д.І. та інші вчені. Сушіння матеріалів займалися Бишов Н.В., Винокуров С.В., Курдюмов В.І., Каширін Д.Є. та інші вчені. Скарифікації пергових стільників присвячені роботи Броннікова В.І., Ларіна А.В., Мамонова Р.А., Некрашевича В.Ф., Стройкова С.А., Торженової Т.В. та ряд інших авторів.

Перга - один з найважливіших продуктів бджільництва, що знаходить з часом все більше застосування в харчовій промисловості, медицині та косметології [1, 4, 11, 12, 17].

Так само безперечним фактом, підтвердженим багатьма дослідниками, є незамінність перги як білковий підживлення, необхідний для харчування бджіл [1, 3, 9, 13].

Багаторічний досвід ведення бджільництва свідчить про здатність сильних бджолиних сімей забезпечувати високі збори меду та найкраще запилення сільськогосподарських рослин. Однак на пасіках нашої країни міститься велика кількість слабких сімей, які погано зимують, частіше зазнають різних захворювань і гинуть, а ті, що збереглися, не здатні до розмноження та збору товарного меду, завдають відчутної економічної шкоди не лише галузі бджільництва, а й сільському господарству загалом.

У багатьох регіонах України окремі періоди року бджоли відчують білкове голодування. Викликано це насамперед тим, що сільськогосподарські угіддя нашої країни розташовані у різних кліматичних зонах, у яких залежно від місцевості та пори року значно відрізняється концентрація рослин пилюконосів. У зв'язку з цим існує необхідність у перерозподілі перги з сприятливих областей, що мають її надлишок, у місця, де існує її нестача.

Здійснити вирішення поставлених завдань можна лише за допомогою впровадження промислової технології отримання та заготівлі перги.

Найбільш перспективною та єдино придатною для використання в промислових умовах є механізована технологія вилучення перги, розроблена співробітниками Рязанської ДСГА та НДІ бджільництва (В.І. Бронніков, С.А. Стройков, під керівництвом професора В.Ф. Некрашевича) [1, 2, 5, 15, 18], яка включає в себе послідовне виконання наступних операцій:

- осушення стільників від меду, при необхідності скарифікація;
- сушіння природне або штучне для усунення липкостних властивостей перги;
- відділення воскопергової маси від рамок;
- охолодження воскопергової маси до необхідної температури з метою надання восковій основі крихких властивостей;
- подрібнення;
- пневмосепарація з поділом на пергу та воскову сировину.

Робота (рисунок 1.1) здійснюється в такий спосіб. Стільники 1 готують до сушіння, скарифікуючи поверхневий шар перги, просочений медом. Скарифікацію проводять у двох взаємоперпендикулярних напрямках – вздовж та впоперек стільника з кожної його сторони.

Після скарифікації стільників здійснюється сушіння перги, що знаходиться в них, в сушильній установці 2 до отримання кінцевої вологості перги 14-15 %.

Після висушування перги маса 3 відокремлюється від рамок 4 і поміщається в камеру холодильної установки 5 де витримується при температурі близько 0 - 1 ° С не менше 50-60 хвилин. Після цього шматки пергових стільників, воскова основа яких в результаті охолодження стала крихкою, подрібнюють і звільняють отримані гранули перги від воскових оболонок на подрібнювачі 6 і через бункер-дозатор 7 подають в аспіраційний канал 8. В аспіраційному каналі відбувається поділ подрібненої воскопергової маси шляхом пневмосепарування на пергу і воскову сировину. При цьому частинки перги випадають у ємність 9, воскова сировина надходить у циклон 10, а пилоподібні частинки виносяться вентилятором 11 в пилозбірник 12.

Представлена технологія дозволяє значно збільшити кількість перги, що виробляється, істотно знизити витрати праці на її виробництво і забезпечити високоякісну очистку даного продукту.

Сушіння пергових сотів є однією з найважливіших операцій у технології їх переробки [4, 5]. Перед вилученням пергу в стільниках необхідно висушувати до вологості 14-15 % [3, 13, 15, 24], так як пересушена перга втрачає корисні речовини, кришиться і непридатна для живлення бджіл, а недосушена налипає на робочі органи машин і механізмів процесі її вилучення і може довго зберігатися [15, 23-25]. Важливо, щоб у процесі сушіння були збережені біологічні та фізико-хімічні властивості перги.

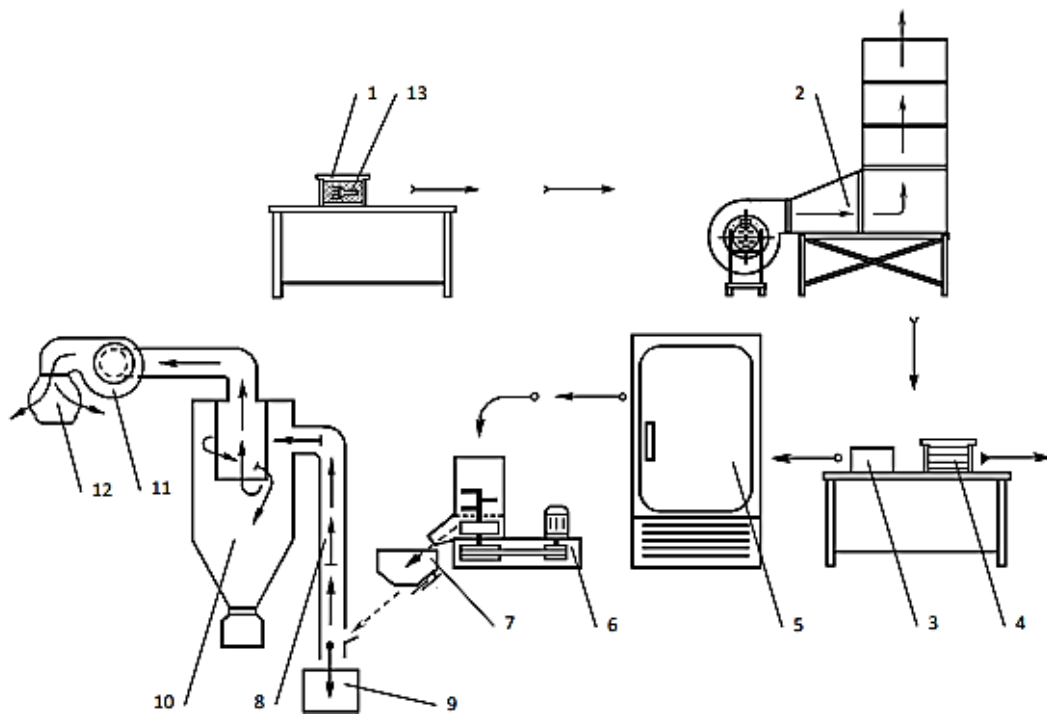


Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу вилучення перги зі стільників; 1 - сот; 2 - сушильне обладнання; 3 – маса стільників; 4 – рамка; 5 – холодильна установка; 6 – подрібнювач; 7 – бункер-дозатор; 8 – аспіраційний канал; 9 – ємність; 10 - циклон; 11 – вентилятор; 12 - пилосбірник; 13 - скарифікатор.

Найбільш поширеною вважається конвективне сушіння. Даний спосіб сушіння найбільше задовольняє вимогам промислової технології, а установка для сушіння пергових стільників має просту конструкцію [7, 12, 19, 22].

З усього технологічного процесу на сушіння потрібно більше часу та витрат енергії. Щоб скоротити час сушіння та витрати енергії пергові стільники скарифікують.

Скарифікація (від латів. *skarifiko* – дряпаю) – поверхневе пошкодження твердих оболонок насіння рослин для прискорення їх проростання. У медицині скарифікацією називають обмежене ушкодження поверхневих шарів шкіри з діагностичними, лікувальними та профілактичними цілями, що застосовуються при віспощенні. Тобто, загалом, скарифікація – це ушкодження поверхневого шару якогось тіла [6, 14].

Поверхневий шар гранул перги просочений медом і утворює міцну скоринку, якою відбувається видалення вологи з перги. Перга в осередках стільників герметично закрыта з одного боку восковими стінками осередків

сота, а з іншого – медо-пергової кришечкою. У всіх пергових гранул, що знаходяться в стільнику, необхідно пошкодити поверхневий шар [6]. Дослідженнями вчених встановлено, що скарифікація пергових стільників перед сушінням дозволяє скоротити час сушіння практично в 1,5-2 рази, залежно від вологості перги, і в стільки ж витрати енергії на неї.

Існує спосіб скарифікації пергових стільників зрізанням поверхневого шару гранул перги ножами [3, 6, 17]. Гранули перги мають різну довжину від 3 до 12 мм, отже забезпечити зрізання поверхневого шару всіх гранул неможливо. При цьому відбувається велика втрата перги у вигляді крихти при наступних операціях її вилучення. Тому цей спосіб малоефективний.

Так само існують способи скарифікації пергових сотів подряпуванням та проколюванням, при яких не відбувається видалення поверхневого шару. Ці способи дозволяють знизити втрати перги.

Відомі способи скарифікації пергових стільників мають недоліки [6].

При подряпині порушується цілісність гранул перги, частина гранул руйнується, що призводить до погіршення якості перги та знижуються якісні та кількісні показники поживних речовин у перзі. Процес скарифікації відомого способу трудомісткий, так як подряпування в кожному осередку сотів поверхневого шару перги здійснюється вручну.

Через різну довжину пергових гранул в осередках пергових стільників не всі медо-пергові кришечки будуть проколоті, а значна частина пергових гранул займе зайву деформацію. При скарифікації у такий спосіб порушується цілісність пергових гранул, що призводить до утворення пергової крихти та часткових втрат перги.

Відомі способи скарифікації пергових стільників не задовольняють вимогам промислової технології. Тому необхідно знайти такий спосіб скарифікації пергових стільників, щоб у процесі скарифікації не порушувалася цілісність гранул перги.

1.2 Аналіз засобів скарифікації пергових сотів

Існує установка для розпечатування стільників, яка представлена на рисунку 1.2.

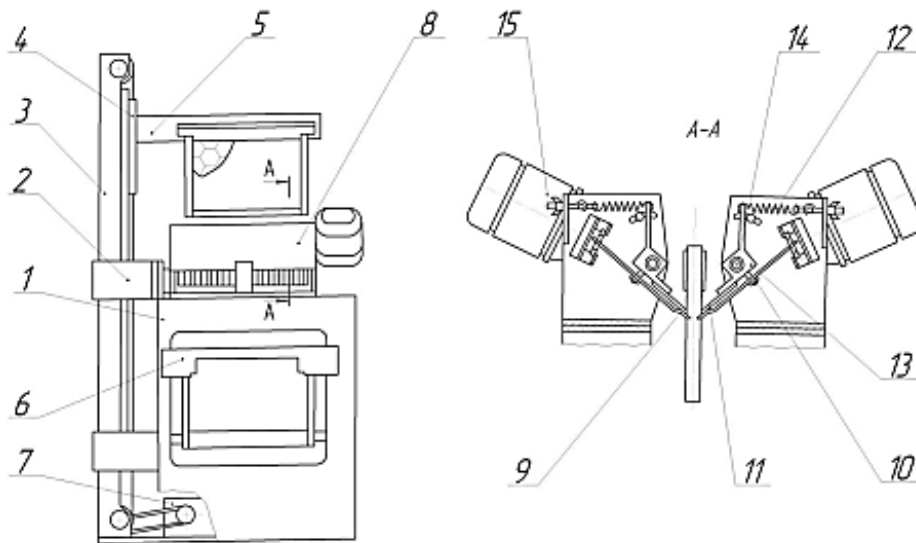


Рисунок 1.2 – Установка для распечатывания стільників: 1 – основа; 2 – кронштейн; 3 – стойка; 4 – візок; 5 – рамкотримач; 6 – механізм виштовхування рамок; 7 – привід; 8 – механізм скарифікації; 9 – ніж; 10 – вісь; 11 – обмежувач; 12 – пружина; 13 – коромисло; 14 – вісь коромисла; 15 – електродвигун.

Установка для розпечатування стільників [6], представлена на рисунку 1.2 складається з механізму виштовхування рамок 6, механізму скарифікації 8, приводу 7, закріплених на підставі 1. Механізм скарифікації складається з двох однакових частин, кожна з яких складається з ножів 9.

Під час руху рамки відбувається порушення поверхневого шару за рахунок зворотно-поступального руху ножів. Після обробки стільника відбувається його витяг за допомогою механізму виштовхування.

Недоліком цієї установки є форма ножів, які досить сильно руйнують поверхневий шар гранул перги, а також складність конструкції. Довжина гранул перги неоднакова, тому всі гранули розкриваються, як і відбувається велика втрата перги внаслідок зрізання частини довгих гранул.

Найбільш доцільно проводити скарифікацію способами, при яких не відбувається видалення поверхневого шару - це подряпування або проколювання. Ці два способи дозволяють суттєво знизити втрати перги [8, 12].

Існують ручне та механізоване пристрої для подряпування гранул перги, представлені на рисунках 1.3 та 1.4.

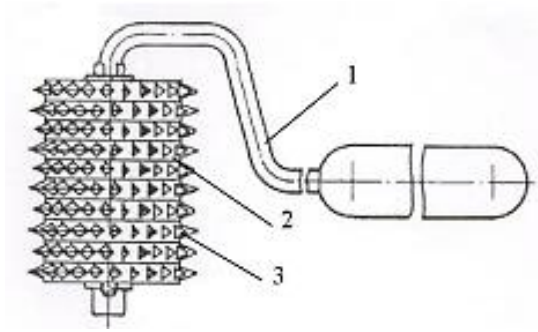


Рисунок 1.3 – Пристрій для розпечатання стільників: 1 – вісь; 2 – барабан; 3 – зуби.

Пристрій для друку сотів [3,6, 7, 12, 13], представлений на рисунку 1.3, призначений для дрібних пасік з низьким рівнем механізації. Воно складається з барабана 2, закріпленого на осі 1. На всій поверхні барабана розташовані ряди 3 зубів.

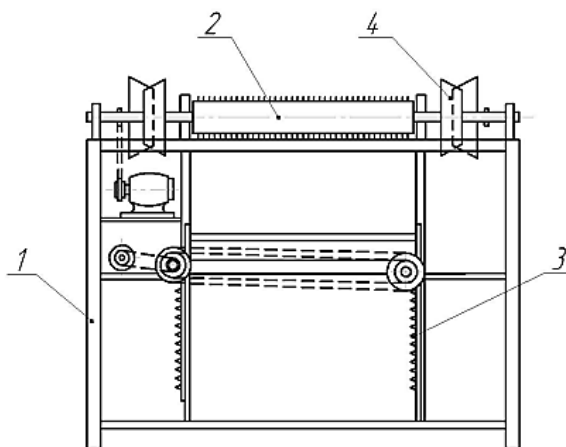


Рисунок 1.4 – Установка для розпечатування стільників: 1 – рама; 2 – голковий ротор; 3 – механізм подачі касет із рамками; 4 – фрикційний варіатор.

Установка для розпечатування стільників [8, 17], представлена на рисунку 1.4 складається з рами 1, на якій встановлений механізм подачі касет з рамками 3 і два голчастих ротора 2. Для приводу роторів є фрикційний варіатор 2. При русі рамки вниз, завдяки механізму подачі касет, ротори, що обертаються, голками дряпають пергові гранули. Для зміни глибини дряпання один із роторів переміщують по напрямних рами і фіксують.

Загальним недоліком існуючих скарифікаторів є виконання робочого органу як барабана. При цьому верхні та нижні ряди осередків при скарифікації

не подряпуються. Також частина гранул залишаються не скарифікованими через їхню різну довжину [6, 7, 12].

До інших недоліків пристроїв для скарифікації слід віднести:

- робітник при ручній скарифікації прикладає велике зусилля;
- частина пергових гранул залишається не скарифікованою через їхню різну довжину;
- не завжди поверхневий шар гранул подряпується по центру, що призводить до збільшення часу сушіння та втрати частини перги через збільшення крихтості гранул;
- проміжки між дисками та голками в ковзанках постійно забиваються крихтою від перги та восковою сировиною. На очищення ковзанки від них витрачається значно більше часу, ніж на саму скарифікацію.

Також існує установка для скарифікації пергових сотів [1, 2, 5, 6, 7].
Схема установки представлена рисунку 1.5а, 1.5б, 1.5в.

Установка для скарифікації пергових стільників складається з металевої рами 1, на якій закріплений привід 2, а також дві підшипникові опори 4. У підшипникових опорах 4 встановлений гвинтовий вал скарифікатора 9, що приводиться в обертання від приводу через 2 муфту 3. На валу є ділянки з ле і правою нарізкою різьблення, де встановлені важелі скарифікатора 5, які кріпляться у своїй верхній частині до зовнішніх поверхонь вертикально встановлених основних пластин 6. На внутрішній поверхні пластини закріплені голки 14. Голки проходять через отвори додаткової перфорованої пластини 8, яка призначена для очищення голок. Протилежні ряди голок лівої та правої пластин зміщені один щодо одного в горизонтальній площині. На рамі 1 встановлені стійки 12, у верхній частині яких є напрямні 7. По напрямних 7 переміщуються направники 13, в яких жорстко закріплені пластини з голками, при цьому вони мають додаткові перфоровані пластини. На рамі 1 встановлені два кінцеві вимикачі 10, 11, на які впливає важіль скарифікатора у своїх крайніх положеннях.

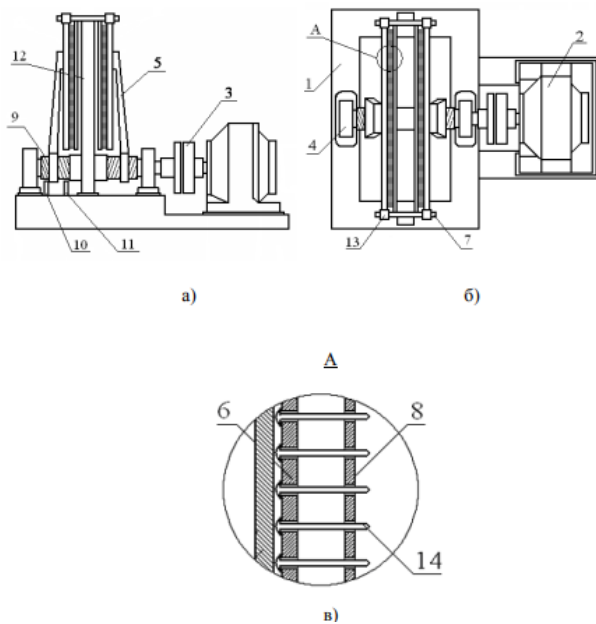


Рисунок 1.5 – Схема установки для скарифікації пергових стільників: а – вид спереду; б – вид зверху; в - виноска А. 1 – рама; 2 – мотор-редуктор; 3 – муфта; 4 – опора підшипникова; 5 -важіль скарифікатора; 6 – основна пластина; 7 – напрямна; 8 – пластина перфорована; 9 – вал; 10, 11 – вимикач кінцевий; 12 – стійка; 13 – напрямник; 14 – голка.

Установка працює в такий спосіб. Підготовлений заздалегідь перговий сот вручну встановлюють між додатковими перфорованими пластинами 8, де він утримується на напрямних 7, після чого включають привід 2. Привід через муфту 3 і вал скарифікатора 9 повідомляє поступальне переміщення важелів скарифікатора 5 з основними пластинами 6. Пластини з голками, рухаючись напрямними, зближуються. Через отвори додаткових перфорованих пластин проходять голки та впроваджуються в пергові гранули. Дійшовши до свого крайнього положення, важіль скарифікатора впливає на кінцевий вимикач 11, який подає сигнал, електродвигун перемикається на реверсивний режим роботи.

У реверсивному режимі роботи привід через муфту і вал повідомляє поступальний рух важеля з пластинами в протилежному напрямку, і вони розходяться. Частинки воску та перги, що прилипли до голок у момент скарифікації, зчищаються при проходженні голок через отвори додаткових перфорованих пластин. Повертаючись у вихідне положення, важіль

скарифікатора впливає кінцевий вимикач 10, і електродвигун зупиняється. Оброблений таким чином перговий стіл витягують.

Глибина впровадження голок у пергові гранули регулюється переміщенням кінцевого вимикача 11. Запропонована установка для скарифікації пергових стільників забезпечує руйнування поверхневого шару всіх пергових гранул, що знаходяться в соті, не допускаючи при цьому їх зайвої деформації. Установка забезпечує самоочищення голок від пергових та воскових частинок.

Загальний вид установки для скарифікації пергових стільників представлений рисунку 1.6.

Установка для скарифікації пергових стільників має недоліки [6, 8].

Осередки сотів заповнені гранулами перги різної довжини і проколюються на різну глибину. Тому частина гранул при скарифікації піддаватиметься зайвій деформації, а частина взагалі не скарифікується через їхню малу довжину. Це призводить до утворення крихти у процесі вилучення перги та не рівномірному просушуванню пергових стільників.

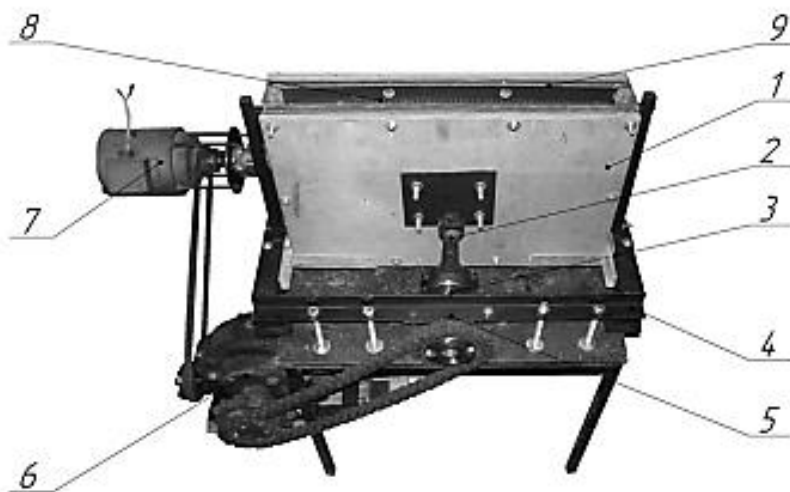


Рисунок 1.6 – Загальний вигляд скарифікатора: 1 – основна пластина; 2 – важіль; 3 – гвинтовий вал; 4 – рама; 5 – підшипникова опора; 6 -редуктор; 7 – електродвигун; 8 – голка; 9 – пластина перфорована.

Розглядаючи всі вищевикладені пристрої для скарифікації пергових стільників, можна дійти невтішного висновку, що де вони задовольняють вимогам промислової технології.

У зв'язку з цим однією з основних завдань цієї роботи є створення пристрою, що дозволяє здійснювати скарифікацію пергових стільників без порушення цілісності гранул. З метою створення такого пристрою необхідно вивчити фізико-механічні властивості пергових стільників та гранул перги, а також провести низку лабораторних досліджень.

1.3 Аналіз виконаних досліджень зі скарифікації пергових стільників.

Пергу можна заготовляти двома способами: у стільниках та окремо від воскової основи стільників. Заготовляти пергу в стільниках не рекомендується, тому що необхідно суворе дотримання температури та вологості повітря. При такому способі зберігання пергові стільники схильні до пошкодження воскової міллю. Найбільш доцільним способом є заготівля перги окремо від воскової основи стільника [8, 12].

Пропонується безліч різних способів [3, 7, 13, 17, 24, 26]:

- подрібнення пергових стільників за допомогою м'ясорубки та консервація цукровою пудрою або медом;
- замочування сотів у воді, витрушування гранул, відціджування води, сушіння;
- зрізання осередків із заливкою їх водою, видалення воскових частинок і води, що спливли, сушка перги;
- розрізання пергових стільників по рядах осередків на вузькі смужки та витрушування гранул;
- зрізання стінок осередків до середостіння та протирання отриманої маси через сито.

Є.К. Космович підсушував пергові стільники, заморожував при температурі мінус 3-4 ° С протягом 30-40 хвилин для надання воску крихких властивостей, перетирав стільники і з отриманої маси віяв віск або відокремлював його просіюванням через сито.

Багато дослідників [8, 14] пропонують витягувати пергу безпосередньо з кожного осередку стільника. І.А. Дудов та Ю.В. Донченку винайшли пристрій для вилучення гранул перги за допомогою вакууму (рисунок 1.7).

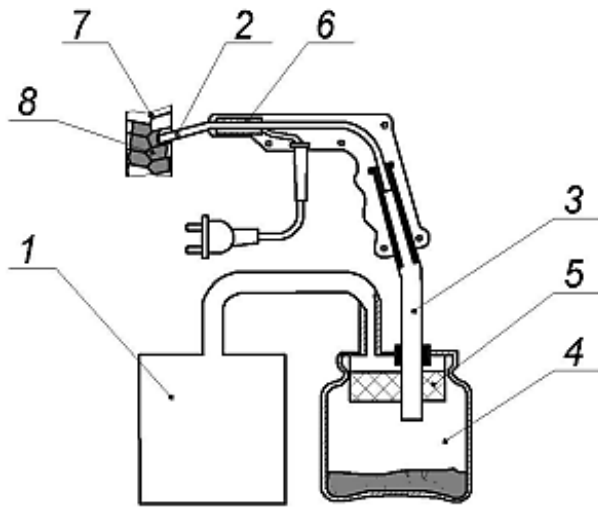


Рисунок 1.7 – Схема вакуумного пристрою для вилучення перги:

1 – джерело вакууму; 2 – забірний наконечник; 3 – трубопровід; 4 – приймальна ємність; 5 – загороджувальний фільтр; 6 – нагрівальний елемент; 7 – воскова основа пергового стільника; 8 – пергова гранула.

Для вилучення перги, розігрітої до 50 – 55 °С, наконечник вводять у комірку стільника при включеному джерелі вакууму. Повітря з великою швидкістю проходить в отвір наконечника, захоплює гранулу перги і трубопроводом захоплює її в приймальну ємність. Зібраний продукт пакують у цій же ємності або перекладають в іншу.

І.В. Бібіков та Л.К. Бондар винайшли шнековий пристрій для вилучення гранул шляхом висвердлювання (рисунок 1.8). При роботі пристрою шнек із кожухом вводять у комірку стільника. Перга захоплюється шнеком і через вікно в кожусі зсипається в лоток.

Для цих операцій необхідно розігріти воскову основу сота.

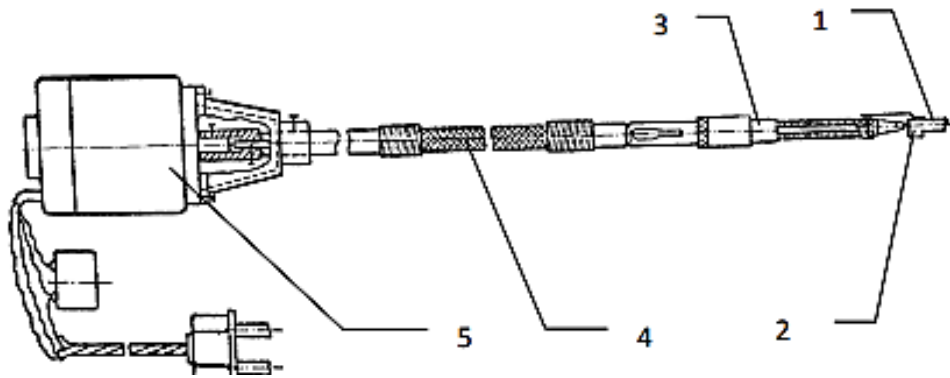


Рисунок 1.8 – Схема шнекового пристрою для вилучення перги: 1 – шнек у кожусі; 2 – вивантажувальна горловина; 3 – цанговий наконечник; 4 – гнучкий вал; 5 – електропривод.

Дані способи мають суттєві недоліки: контакт з водою призводить до погіршення якості перги та її псування, можна заготовити лише невелику кількість перги, частина перги втрачається, не вдається очистити гранули перги від домішок. У зв'язку з цим перелічені способи не можуть застосовуватись при переробці великої кількості пергових стільників.

Сушіння пергових стільників є однією з найважливіших операцій, оскільки від неї залежать витрати енергії та якість виробленої перги.

Існує кілька найбільш підходящих способів сушіння перги в стільниках. До них відносяться: сушіння природним способом, вакуумне сушіння та конвективне сушіння нагрітим повітрям [7, 12, 19, 22].

Якщо зберігати пергові стільники в приміщенні з кімнатною температурою, то для висушування гранул перги потрібно 2-3 місяці. За такий час розвивається воскова міль і починає вражати пергові стільники.

При вакуумному сушінні немає необхідності скарифікувати пергові стільники, оскільки достатньо 8-10 годин для партії стільників, незалежно скарифіковані стільники чи ні. Але такі сушарки дорогі і можливе сушіння лише маленьких партій пергових стільників.

В.Ф. Некрашевич, В.І. Бронніков, С.В. Винокурів пропонують застосовувати конвективний спосіб сушіння. Вони довели, що скарифікація прорізанням (процарапуванням) дозволяє прискорити процес сушіння пергових стільників і тим самим знизити витрати енергії на 30%. При конвективному

сушінні можна встановлювати відразу чотири вуличні корпуси, в кожному по 10-12 пергових стільників. Температура теплового повітря вибирається у 40-42 °С [7, 9].

Скарифікація у бджільництві залишається мало вивченою. Цю операцію використовують у промисловій технології вилучення перги із бджолиних стільників. Порівняно з іншими напрямками у бджільництві, ця технологія є новою.

Раніше скарифікація пропонувалася, але не було проведено жодних досліджень. Відомо, що скарифікувати пергові гранули рекомендується не глибше шару просоченого медом. Голки повинні розташовуватися з відривом 4,5 мм одна від одної [7, 9], це дозволяє скарифікувати всі гранули перги.

Скарифікацією проколювання займався А.В. Ларіна, захищена кандидатська дисертація. Спосіб полягає у проколюванні гранул перги голками, за основу була взята теорія прокладання труб у ґрунті.

Скарифікація стільників суттєво збільшує швидкість сушіння перги, яка при скарифікації голкою діаметром 1,2 мм становила 0,45%/год. Середня швидкість сушіння нескаріфікованих стільників - 0,30 %/год. Це дозволяє знизити час сушіння перги в стільниках з 25 до 15 годин при зниженні вологості з 22 до 15% [46].

Але не вказано, наскільки підвищується крихтість гранул перги в процесі вилучення їх із стільників. Через різну довжину гранул перги скарифікація пергових стільників даним способом призводить до значної деформації деяких гранул. У результаті це призводить до нерівномірного висушування та руйнування деформованих гранул у процесі вилучення із стільників.

У зв'язку із зазначеними вище недоліками необхідно розробити такий спосіб скарифікації пергових стільників, при якому порушується воскова оболонка гранул перги, а вони залишаються цілими.

1.4 Постановка проблеми, мета роботи та завдання досліджень

Зовсім не вивченим залишається спосіб скарифікації пергових стільників з допомогою на них відцентрової силою. Використання даного способу, на наш погляд, дозволило б інтенсифікувати процес скарифікації пергових стільників, що в свою чергу веде до підвищення продуктивності лінії та зниження витрат. У зв'язку з вищесказаною метою цієї дисертаційної роботи є підвищення ефективності процесу вилучення перги з бджолиних стільників шляхом розробки та застосування відцентрового способу та пристрою для їх скарифікації, внаслідок чого зберігається цілісність гранул перги та знижуються витрати енергії та праці. На виконання зазначеної мети визначено такі завдання досліджень:

- розробити схему технологічного процесу вилучення перги з бджолиних стільників з використанням відцентрового скарифікатора;
- розробити конструктивно-технологічну схему відцентрового скарифікатора;
- дослідити фізико-механічні властивості пергових стільників та гранул перги;
- обґрунтувати теоретично та експериментально параметри та режими роботи відцентрового скарифікатора пергових стільників;
- провести перевірку роботи відцентрового скарифікатора у виробничих умовах, порівняти з відомими способами скарифікації та дати оцінку економічної ефективності.

РОЗДІЛ 2 ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЕРГОВИХ СТІЛЬНИКІВ.

2.1 Програма та методика досліджень.

Дослідження фізико-механічних властивостей пергових стільників та гранул перги необхідне для обґрунтування конструктивних параметрів та режимів роботи відцентрового скарифкатора. Отримана інформація допоможе удосконалити промислову технологію виробництва перги, оптимізувавши її процеси. Важливо зважити на вплив скарифкації на цілісність гранул перги при вилученні їх з пергових стільників. Для обґрунтування параметрів та режимів роботи відцентрового скарифкатора потрібно провести дослідження щодо визначення чисельних значень характеристик пергових стільників.

До програми досліджень входить: визначення вологості перги;

- визначення розміщення та довжини гранул перги в осередках сотів;
- визначення співвідношення маси перги, воску і рамки стільника;
- визначення напруг руйнівних пергові стільники.

Відносна вологість перги визначалася згідно з ДСТУ. З пергових стільників витягували гранули перги і відбирали по 30 гранул, які були поміщені в бюкси та зважені. Далі проводили їх сушіння в сушильній шафі при температурі 105 С протягом п'яти годин.

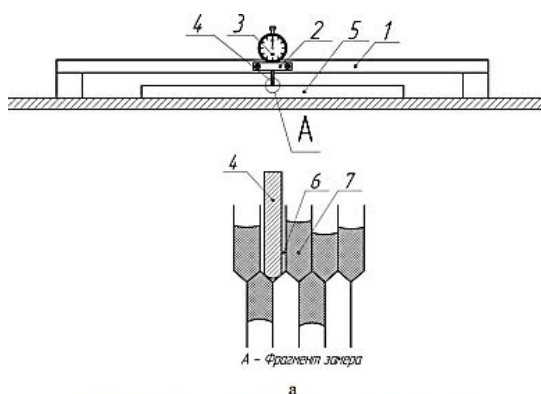
Гранули перги зважували на лабораторних технічних терезах. ВЛКТ-500 з точністю до 0,01м.

Перговий стіл складається з середостіння, що представляє собою вощину, прикріплену до дротів, і відтягнутих воскових осередків з обох боків вощини. Осередки сотів мають шестигранний переріз, а дно виконане у вигляді тригранної піраміди. Зважаючи на те, що комірки шестигранні, один ряд комірок у соті зміщений щодо іншого, але строго по прямій лінії зверху вниз і праворуч наліво. Для Даданівського вулика стільники в чистоті становлять довжина 415 мм та висота 270 мм. При розмірах осередків зі сторонами шестигранника 2,65 мм у соті по довжині в одному ряду розміщується 78 осередків, а по висоті 51 осередок.

Для визначення місця розміщення перги в стільниках вибиралися раніше наведені стільники з вулика Даданівського. Візуальним оглядом визначалося наявність перги по рядах у верхнього, нижнього та бічних брусків відповідно. Вважалося наявність перги у лавах, у разі, якщо було мінімум 10 гранул. Все це наносилося на рамку із зазначенням відстані до двох рядів з гранулами перги, шириною 11 мм. Після цього записувався відсоток перги місцями її розташування в соті.

Довжина гранул перги визначалася з допомогою спеціальної установки з індикатором годинникового типу [6, 9]. Для дослідження було відібрано 50 пергових сотів. Було проведено 500 вимірів із п'яти різних місць пергових сотів: вгорі, внизу, ліворуч, праворуч та в середині.

Схема встановлення для визначення довжини гранул перги та загальний вигляд представлені рисунку 2.1 а, б.



б

Рисунок 2.1 – Схема установки визначення довжини гранул перги і загальний вигляд (а, б). 1 – рама; 2 – кріплення; 3 – індикатор годинного типу; 4 – насадка індикатора; 5 – перговий сот; 6 – осередок незаповнений пергою; 7 – комірка заповнена пергою.

Дослідження проводили в такий спосіб. Раму 1 встановлювали над перговим стільником 5, насадка індикатора 4 опускалася в комірку незаповнену

пергою 6 до упору, потім опускалася в сусідню комірку заповнену пергою 7. Діаметр насадки індикатора 4 мм, для зручності введення в комірки сота. Покази індикатора вартового типу 3 записувалися і надалі перераховувалися.

Перговий стіл складається з: рамки з натягнутим на неї дротом для кріплення вощини, воскової основи стільника та перги. Масу перги, воску та рамки стільника визначали шляхом їх зважування [1, 9]. Масу перги в стільнику можна визначити двома способами [8].

Досліджуваний матеріал зважувався на терезах марки ВНЦ-10. Для цього досліду було використано 100 пергових сотів.

Для визначення напруг руйнівних пергові стільники проводили два експерименти [7, 8]: розлам шматків пергових стільників, встановлених на різних відстанях між двома вертикальними опорами і закріпленими консольно, на різних відстанях. В експерименті використовувалися стільники зі світлим і темним воском. Усі шматочки, вирізані з пергових стільників, були однакових розмірів $250 \times 50 \times 23$ мм. Досліди проводились у п'ятиразовій повторності.

Схема установки визначення напруг руйнування пергового стільника між двох вертикальних опор і загальний вигляд представлені рисунку 2.2 а, б.

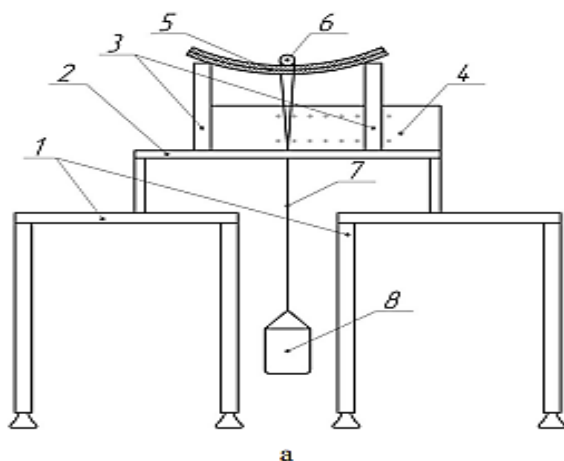


Рисунок 2.2 - Схема установки визначення напруг руйнування пергового стільника між двох вертикальних опор і загальний вигляд (а, б): 1 – стіл; 2 – підставка; 3 – вертикальні опори; 4 – пластина з отворами для кріплення; 5 – шматок пергового стільника; 6 – штифт; 7 – нитка; 8 – ємність.

Шматок пергового стільника 5 укладався на вертикальні опори 3, але в нього укладався штифт 6 діаметром 15 мм, використовуваний в подрібнювачах

пергових сотів [8, 19]. До штифта кріпилася нитка 7, а до неї ємність 8, в яку насипався пісок до зламу сота. Відстань між вертикальними опорами змінювали 3 на пластині 4 з отворами для кріплення. Штифт і ємність з піском зважувалися, що давало зусилля зламу пергового стільника.

Для визначення напруги руйнування пергового стільника, закріпленого консольно, використовувалася установка, представлена на рисунку 2.3.

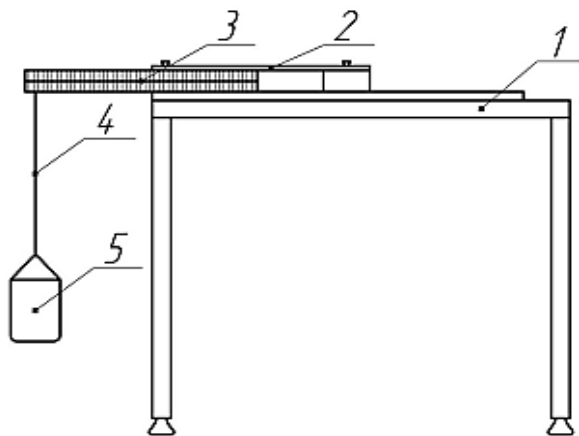


Рисунок 2.3 - Схема установки для визначення напруги руйнування пергового стільника, закріпленого консольно: 1 – стіл; 2 - притискна пластинка; 3 – шматок пергового стільника; 4 – нитка; 5 – ємність.

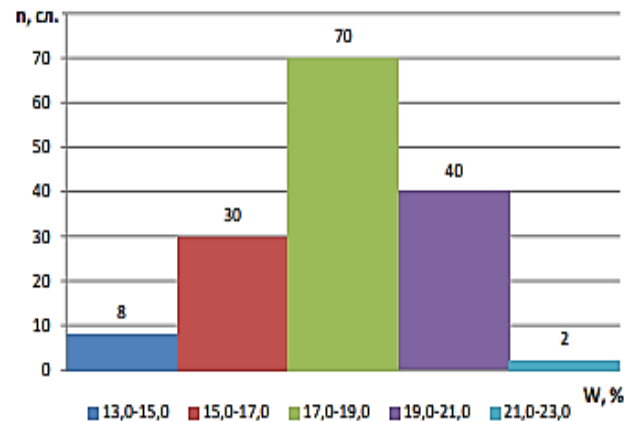


Рисунок 2.4 - Гістограма вологості перги

Шматок пергового стільника 3 укладався на край столу 1, закріплювався притискною пластиною 2. До консольного кінця стільника на нитці 4 кріпилася ємність 5, яку засипався пісок.

Для проведення дослідження використовувалася перга відповідна ДСТУ. Було проведено 150 вимірів вологості у гранул перги з різних стільників. З початку проведення дослідження з визначення вологості пергові стільники зберігалися два тижні, при кімнатній температурі 23 °С. Статистичні дані, отримані в ході визначення вологості перги, представлені в додатку А. За результатами досліджень побудовано гістограму (рис. 2.4).

Вологість перги від 17 до 19% у пергових стільниках зустрічається найчастіше і становить 46,67% від усіх досліджуваних стільників. Найменша

вологість перги від 13 до 15% у пергових стільниках становить 5,33%. Перга з найбільшою вологістю від 21 до 23% у пергових стільниках становить 1,33%.

2.2 Результати визначення розміщення та довжини гранул перги в осередках сотів.

Для проведення досліджень щодо визначення фізико-механічних властивостей пергових стільників та їх компонентів були взяті стільники з найбільш поширеною Даданівською рамкою. Вона має такі розміри: довжина – 435 мм, висота – 300 мм, ширина – 25 мм. Для дослідження було відібрано 100 пергових сотів.

Результати дослідження щодо визначення розміщення гранул перги в осередках пергових сотів представлені у додатку Б і рисунку 2.5 [6, 9]. За результатами досліджень було побудовано залежність розміщення гранул перги від кожної сторони рамки (рисунок 2.6 – 2.9).

З аналізу малюнків видно, що на відстані 11 мм (перші два ряди осередків) від брусків рамки сотів осередку не заповнені гранулами перги. Ближче до центру стільників кількість випадків заповнення осередків гранулами перги збільшується.

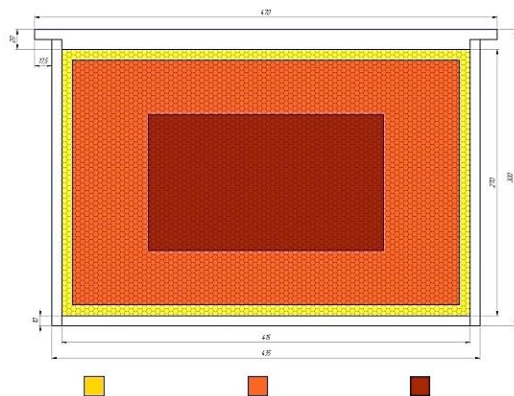


Рисунок 2.5 - Схема заповнення стільників гранулами перги

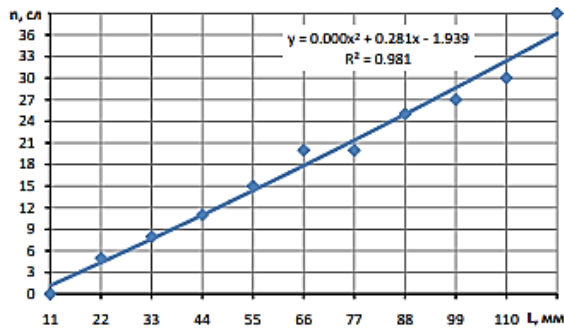


Рисунок 2.6 - Залежність розміщення гранул перги від верхнього бруска рамки.

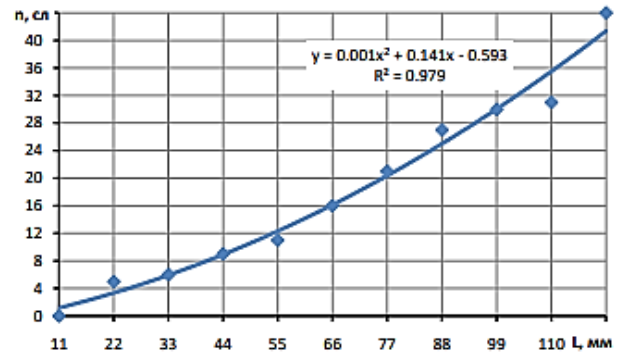


Рисунок 2.7 - Залежність розміщення гранул перги від нижнього бруска рамки.

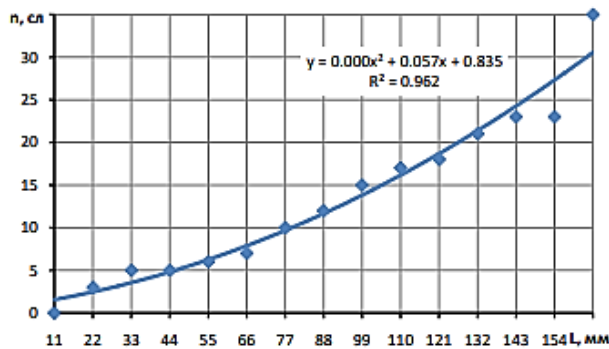


Рисунок 2.8 - Залежність розміщення гранул перги від лівого бруска рамки.

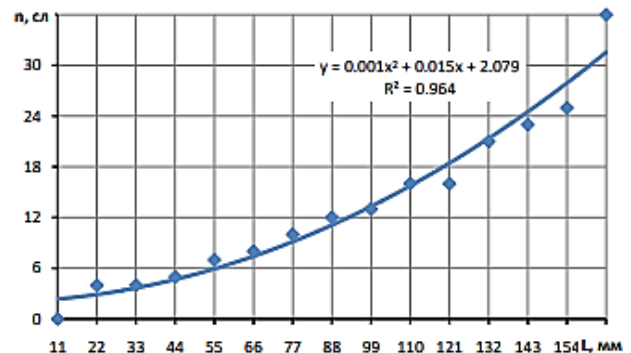


Рисунок 2.9 - Залежність розміщення гранул перги від правого бруска рамки.

Найчастіше гранули перги перебувають у серединній частині пергових сотів.

Результати отримані в ході проведення дослідження визначення довжини гранул перги представлені в додатку В та таблиці 2.1. За результатами було побудовано гістограму довжини гранул перги (рисунок 2.10).

Таблиця 2.1 - Довжина гранул перги в осередках сотів

Кількість вимірів гранул, шт	Мінімальна довжина, мм	Максимальна довжина, мм	Середньостатистичне значення довжини гранули, мм
500	3,8	11,9	7,2

За даними таблиці 2.1 та поданої гістограми видно, що довжина гранул перги змінюється від 3,8 до 11,9 мм. Середня довжина гранули становить 7,2 мм, а 77,6 % досліджених гранул перги мають довжину від 6 до 10 мм [6, 9].

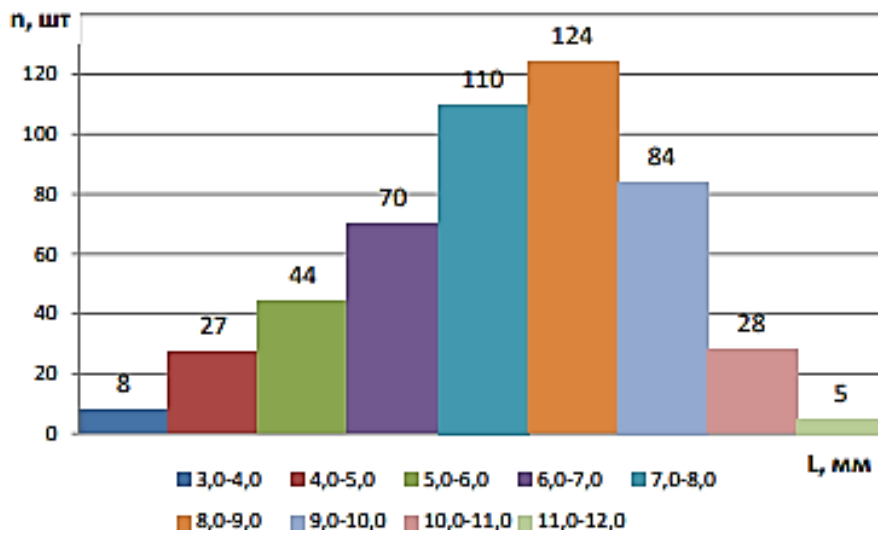


Рисунок 2.10 - Гістограма довжини гранул перги

2.3 Результати визначення співвідношення маси пергу, воску та рамки стільника.

Результати дослідження щодо визначення співвідношення маси перги, воску та рамки стільника представлені в додатку Г і таблиці 2.2. За результатами досліджень побудовано гістограми (рисунок 2.11 – 2.13).

Таблиця 2.2 – Співвідношення маси пергу, воску та рамки стільника

Досліджуваний матеріал	Мінімальне значення маси, г	Максимальне значення маси, г	Середньостатистичне значення маси, г
Перга	72	955	312,55
Віск	103	405	231,2
Рамка сота	155	290	203,57

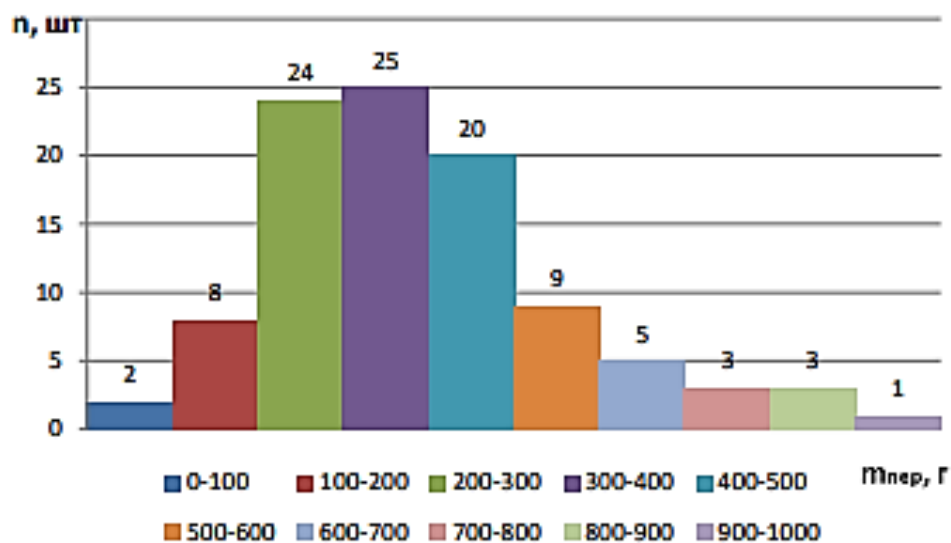


Рисунок 2.11 - Гістограма маси перги

Маса перги у стільниках найбільша, середньостатистичне значення становить 312,55 грам, 41,82% від маси пергового стільника. Однак значення маси сильно коливається від 72 до 955 г.

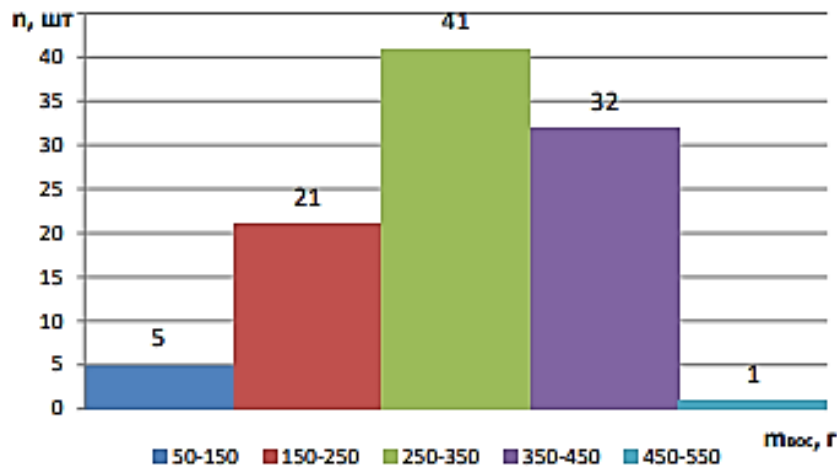


Рисунок 2.12 – Гістограма маси воску

Середньостатистичне значення маси воску в соті становить 231,2 г, 30,94% від маси пергового сота. Масу воску від 50 до 150 г мають 5 сотів, від 450 до 550 г - 1 сот, а 94 сота мають масу воску від 150 до 450 грам. Це з тим, що віск буває світлий, коричневий і темний, та її маса змінюється з кольором [9].

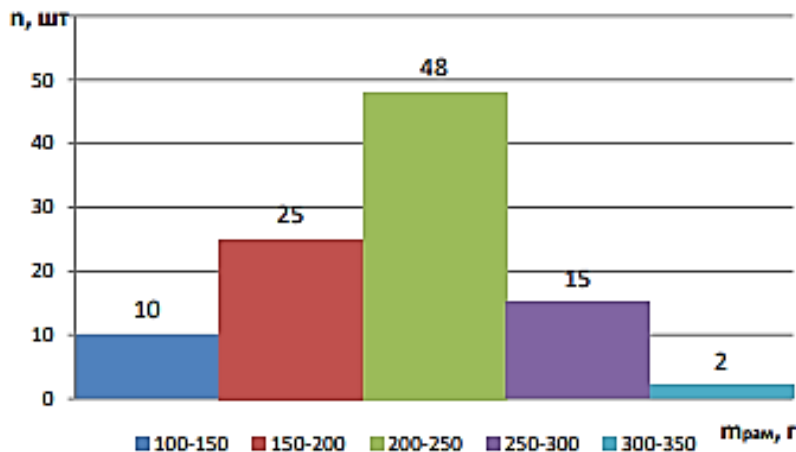


Рисунок 2.13 - Гістограма маси рамки стільника

Найменше значення маси в стільниках біля рамки, середньостатистичне значення становить 203,57 г, 27,24 % від маси пергового сота. Більше половини рамок мають масу трохи більше 250 грам. Маса рамок коливається від 142 до 309 грамів. Це пов'язано із застосуванням деревини різних порід та конструкцією рамок.

2.4 Результати визначення напруг руйнування пергових стільників

Для проведення дослідження було використано 100 шматків із пергою, вирізаних із світлих та темних стільників. Статистичні дані, отримані в ході визначення напруг, що руйнують пергові стільники, представлені в додатку Д.

За результатами досліджень побудовані залежності напруги розлому пергового стільника від відстані між вертикальними опорами і закріпленого консольно від відстані навантаження. (Рисунок 2.14, Рисунок 2.15).

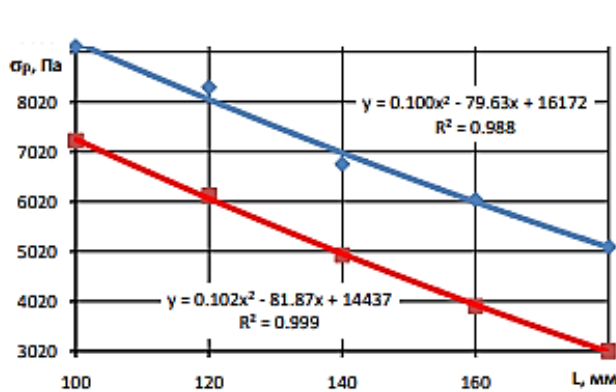


Рисунок 2.14 - Залежність напруги розлому пергового стільника від відстані між вертикальними опорами

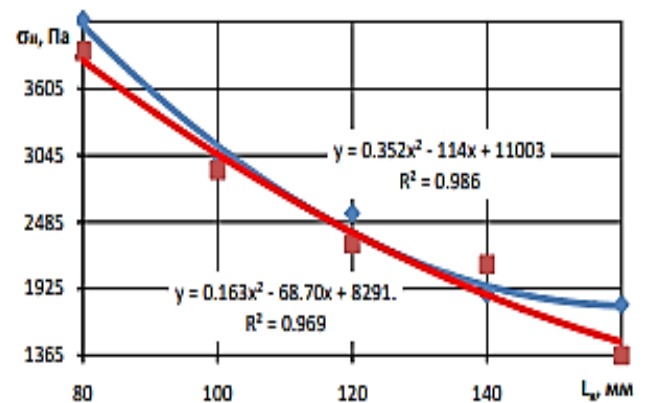


Рисунок 2.15 - Залежність напруги розлому пергового стільника закріпленого консольно від відстані навантаження

З рисунка 2.14 видно, що зі збільшенням відстані між вертикальними опорами від 100 до 180 мм напруги розлому світлих стільників зменшуються з 7244 до 3020 Па, а темних - з 9130 до 5113 Па. Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що темні стільники руйнуються при більших напругах, ніж світлі.

Достовірність цієї математичної моделі підтверджується високим значенням коефіцієнта детермінації $R^2=0,9995$ та $R^2=0,9887$.

Аналіз залежностей, представлених рисунку 2.15, показав, що незалежно від кольору сота напруги розлому зменшуються з 4183 до 1365 Па зі збільшенням відстані від 80 до 160 мм.

Достовірність даної математичної моделі підтверджується високим значенням коефіцієнта детермінації $R^2=0,9694$ та $R^2=0,986$.

Порівнюючи обидва види руйнування можна відзначити, що величина напруги при консольному закріпленні набагато менше, ніж при закріпленні стільника між двох вертикальних опор [7, 8].

Висновки. З проведених досліджень пергових сотів та його компонентів можна зробити такі висновки.

1. Вологість перги від 17 до 19% у стільниках зустрічається найчастіше і становить 46,67% від усіх досліджуваних сотів. Найменша вологість перги від 13 до 15% у стільниках становить 5,33%. Перга з найбільшою вологістю від 21 до 23% у стільниках становить 1,33%.

2. Основна частина гранул перги знаходиться у серединній частині стільників і становить 74,5 %. Перші два ряди осередків від брусків рамки пергових стільників не заповнені гранулами перги. Довжина гранул перги варіюється від 3,8 до 11,9 мм. Середня довжина гранули становить 7,2 мм, а 77,6 % досліджених гранул перги мають довжину від 6 до 10 мм.

3. Маса перги в стільниках у середньому найбільша, проте, її значення сильно коливається від 72 до 955 грам. Середньостатистичне значення 312,55 г, що становить 41,82% від маси пергового стільника.

4. Масу воску від 50 до 150 г мають 5 сотів, від 450 до 550 г -1 сот, а 94 сота мають масу воску від 150 до 450 грам. Це з тим, що віск буває світлий, коричневий і темний, та її маса змінюється з кольором. Середньостатистичне значення 231,2 г, що становить 30,94% від маси пергового стільника.

5. Найменше середнє значення маси в стільниках біля рамки, більше половини рамок зі 100 важать не більше 250 грам. Маса рамок коливається від 142 до 309 грамів. Це пов'язано із застосуванням деревини різних порід та конструкцією рамок. Середньостатистичне значення 203,57 г, що становить 27,24% від маси пергового стільника.

Практично незалежно від кольору стільника напруги для розлому зменшуються з 4183 до 1365 Па зі збільшенням відстані від 80 до 160 мм. Величина напруги при консольному закріпленні набагато менше, ніж при закріпленні стільника між двох вертикальних опор.

Технологія і теорія процесу центробіжної скарифікації пергових стільників

Пропонована нами механізована технологія вилучення перги з бджолиних стільників включає наступні операції:

- заготівлю пергових стільників з осушуванням від залишків меду бджолами;
- відцентрову скарифікацію пергових сотів;
- конвективне сушіння перги в стільниках;
- відокремлення воскопергової маси від рамки;
- охолодження воскопергової маси;
- подрібнення охолодженої воскопергової маси;
- поділ повітряним потоком подрібненої воскопергової маси на гранули перги та воскову сировину.

У технології (рисунок 2.16) є наступне обладнання: відцентровий скарифікатор, сушильне встановлення, холодильне обладнання, агрегат для вилучення перги.

Попередньо стільники, з яких витягується перга, вивішують під навісом поблизу пасіки. Бджоли осушують стільники від залишків меду, несучи його у вулики. Потім осушені від залишків меду пергові стільники 1 скарифікують на відцентровому скарифікаторі 2. Далі кожен з чотирьох вуличних корпусів 4 встановлюють по 10-12 пергових стільників на відстані 7-10 мм один від одного. Перед установкою стільників у вуличні корпуси їх обтрушують від крихти. Потім перший вуличний корпус встановлюють на сушильну установку [7, 16, 22], але в нього три інших. У процесі сушіння корпусу міняють місцями. Під час сушіння вентилятор засмоктує повітря, яке, проходячи через електронагрівач, нагрівається і подає його у вуличні корпуси з перговими стільниками.

Нагріте повітря забирає з собою вологу з гранул перги в стільниках. Пергові стільники сушать при температурі 40 - 42⁰С, до отримання перги вологістю 14 - 15%.

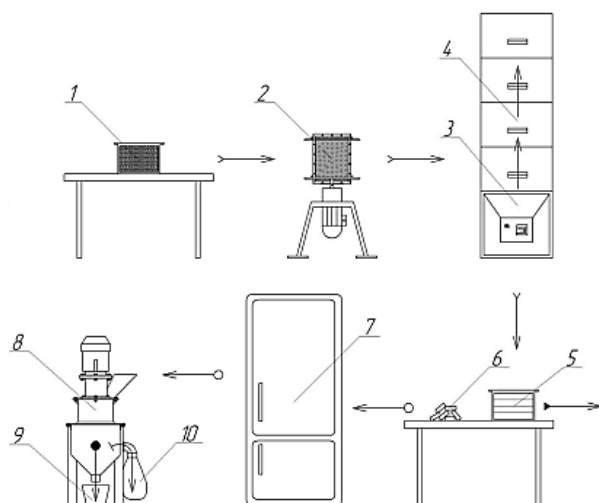


Рисунок 2.16 - Схема технологічного процесу вилучення перги з використанням відцентрового скарифкатора. 1 – перговий сот; 2 – відцентровий скарифкатор; 3 – сушильне встановлення; 4 – вуличний корпус; 5 – рамка пергового стільника; 6 – воскопергова маса; 7 – холодильна камера; 8 – агрегат АІП-30; 9 – тара для перги; 10 – мішок.

Потім від рамок 5 вручну відокремлюють воскопергову масу 6 і поміщають її в холодильну камеру 7. Охолодження воскопергової маси здійснюється з метою надання крихких властивостей воску, щоб при її подрібненні надалі звільнити пергові гранули від воскової оболонки. Час охолодження залежить від температури. Наприклад, якщо температура близька до нульової, то стільники охолоджувати потрібно 2-3 години, а якщо мінус 5-7 °С, то приблизно хвилин 30-40. Готовність до переробки пергового стільника легко перевіряється натисканням на воскову масу рукою. Якщо вона розсипається і стає у вигляді крихти, то сот можна пускати на подальшу переробку, тобто подрібнення. Охолоджену воскопергову масу подрібнюють на агрегаті АІП-30 8 для вилучення перги [2, 8, 9]. Подрібнення відбувається під впливом штифтів при обертанні валу ротора. Вентилятором створюється висхідний повітряний потік, який забирає воскову сировину через відповідний патрубок у мішок 10, а більш важкі гранули перги потрапляють у тару для перги 9.

Особливістю цієї технології є використання сучаснішого обладнання, з якого слід виділити застосування розробленого нами відцентрового скарифкатора пергових стільників та агрегату для вилучення перги.

2.5 Конструктивно-технологічна схема відцентрового скарифікатора

Поверхневий шар гранул перги просочений медом і утворює міцну скоринку (кришечку), якою відбувається видалення вологи з перги. Оскільки перга в осередках стільників герметично закрита з одного боку восковими стінками вічок сота, а з іншого – медо-пергової кришечкою, то, щоб прискорити процес сушіння необхідно у всіх пергових гранул, що знаходяться в соті, порушити цілісність кришечок [1].

Для цього у гранул перги прорізають (процарапують) або проколюють медо-пергові кришечки різними пристроями. В результаті з гранул перги волога починає випаровуватися швидше. Порушення цілісності медо-пергових кришечок в стільниках дозволяє знизити витрати часу та енергії на сушіння пергових стільників. Однак існуючі способи та засоби скарифікації [1, 2, 5, 6, 8, 16, 17] мають недоліки, пов'язані з порушенням цілісності самих гранул перги та малою продуктивністю.

Для усунення цих недоліків нами було розроблено відцентровий спосіб скарифікації, що здійснює розгерметизацію осередків сота з пергою без порушення цілісності гранул перги [8]. Конструктивно-технологічна схема відцентрового скарифікатора представлена рисунку 2.17 а, 2.17 б.

Скарифікація здійснюється за рахунок прогину воскопергової маси стільника при впливі на нього відцентровою силою. В результаті прогину відбувається деформація та частковий розрив воскових стінок осередків стільника, що призводить до створення кільцевого зазору між цими стінками та гранулами перги [8, 11, 18, 22]. При цьому значно збільшується поверхня відведення вологи із гранул перги.

Відцентровий скарифікатор [8] складається з рами 1, приводу 2, ротора 5 і хордіально встановлених у ньому касет 3 для пергових сотів 6. У роторі 5 можна при необхідності розмістити кілька касет 3 з перговими стільниками 6, на бічній поверхні якої закріплено гумове полотно 4, що обмежує прогин воскопергової маси стільника [9].

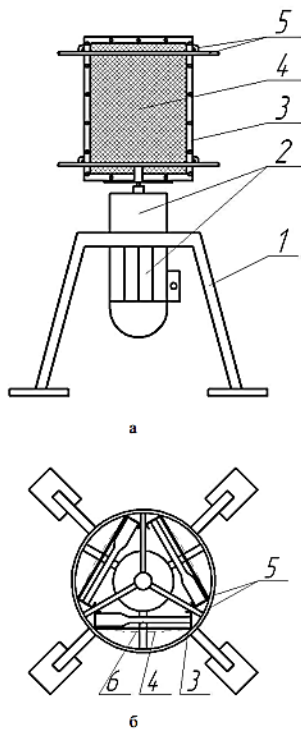


Рисунок 2.17 – Конструктивно-технологічна схема відцентрового скарифкатора: б а – вид спереду; б – вид зверху. 1 – рама; 2 – привід; 3 – касета; 4 – гумове полотно; 5 – ротор; 6 – перговий сот.

Відцентровий скарифкатор працює наступним чином [8]. У ротор 5 встановлюють касети 3 з перговими стільниками 6. Ротор 5 із зафіксованими касетами 3 і перговими стільниками 6 починають обертати. Під дією відцентрової сили воскопергова маса стільників починає прогинатися, що призводить до деформації та часткового розриву воскових стінок осередків пергових стільників та створення кільцевого зазору між цими стінками та гранулами перги.

Прогин воскопергової маси стільника здійснюється спільно з гумовим полотном 4. Гумове полотно 4 необхідно для того, щоб поверхня стільника прийняла рівномірний прогин, і не відбулося його руйнування. Коли скарифкацію однієї сторони завершено, ротор 5 зупиняють. Пергові стільники 6 дістають з касет 3, повертають їх на 180 градусів і поміщають назад, щоб скарифкувати інший бік.

Касета для відцентрової скарифкації пергових стільників [9] представлена рисунку 2.18.

Касета для відцентрової скарифікації пергових стільників складається з каркаса 1 і гумового полотна 2. Каркас 1 вставлений перговий сот 3.

У каркас 1 касети для відцентрової скарифікації пергових стільників встановлюють перговий сот 3 і закріплюють його в роторі відцентрового скарифікатора. У початковий момент воскова основа пергового стільника 3 торкається до натягнутого гумового полотна 2 каркаса 1. При роботі відцентрового скарифікатора під дією відцентрової сили воскова основа стільника рівномірно притискається і прогинається разом з гумовим полотном 2. При зупинці відцентрову 2 випрямляє вигнуту воскову основу пергового стільника 3. При цьому можливо швидко витяг пергового стільника 3 без застрягання в каркасі 1 касети. Прогин воскової основи стільника 3 разом з гумовим полотном 2 запобігає утворенню розломів і великих тріщин у перговому стільнику 3 і сприяє рівномірному розтягуванню воскових осередків та утворенню на поверхні тріщин [9].

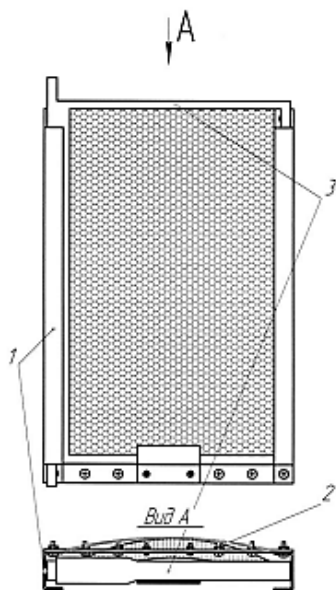


Рисунок 2.18 – Касета для відцентрової скарифікації пергових стільників.
1 – каркас; 2 – гумове полотно; 3 - перговий сот.

Особливістю скарифікації пергових стільників, встановлених у касети з натягнутим гумовим полотном, є те, що при зупинці ротора скарифікатора натягнуте гумове полотно за рахунок своєї пружності повертає перговий стіл у вихідне положення. Така властивість касет з натягнутим гумовим полотном

дозволяє заощадити час на перестановку пергових стільників у скарифікаторі. Скарифіковані у такий спосіб пергові стільники направляють на сушіння.

Визначення маси гранул перги в стільнику.

Маса гранул перги в стільнику визначається за формулою [6, 9]

Гранула перги в осередку стільника складається з трьох частин: тригранної піраміди вощини, шестигранної призми основної частини гранули та шестигранної медо-пергової кришечки, що закриває в комірці сота гранулу перги [7, 8].

Щоб знайти об'єм гранули на рисунку 2.19 представлено піраміду вощини.

Об'єм тригранної піраміди вощини знаходиться за формулою

На рисунку 2.20 представлена шестигранна комірка стільника.

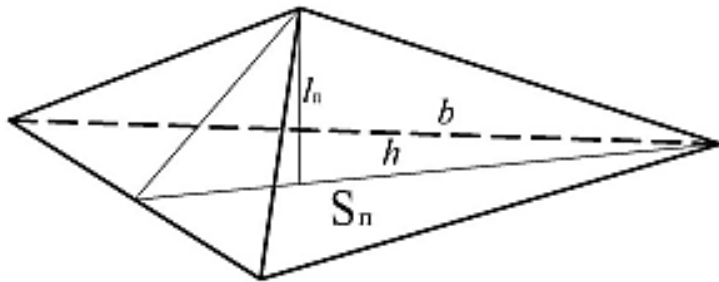


Рисунок 2.19 - Піраміда вощини

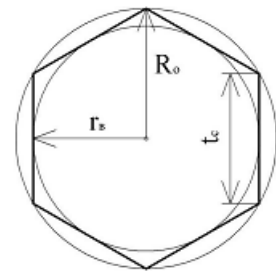


Рисунок 2.20 - Шестигранний осередок стільника.

У зв'язку з тим, що радіус описаного кола шестигранного осередку стільника дорівнює довжині сторони шестигранника, то площу основи шестигранної призми можна визначити за формулами [6, 9]

Оскільки значення відцентрової сили залежить від радіусу обертання, розкладемо її на дві складові відповідно до розрахункової схеми, представленої на **рисунку 2.21**.

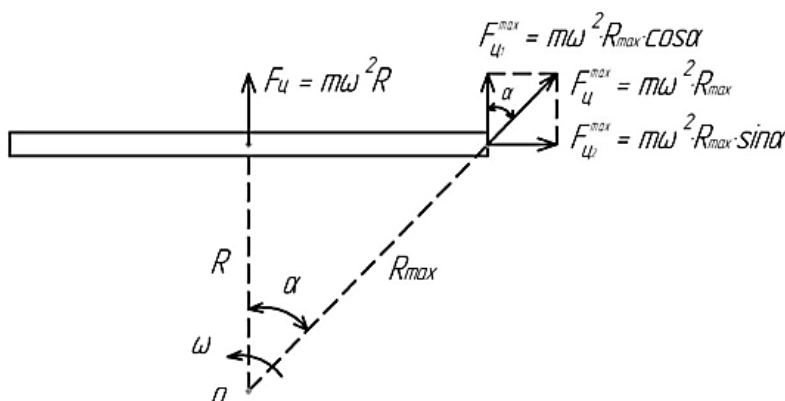


Рисунок 2.21 - Схема дії складових відцентрових сил на рамку.

Сила $F_{ц1}$ прогинає сот, а $F_{ц2}$ діє відрив однієї гранули перги від іншої.

Значення складових відцентрової сили при максимальному віддаленні від центру обертання визначаються за формулами.

У міру наближення до центру обертання значення сили $F_{ц2}$ (рисунок 2.22) буде зменшуватися, оскільки $\sin \alpha \rightarrow 0$. Так як від центру стільникової рамки Δl збільшується на $l \cdot \sin \alpha$, а ΔR збільшується на $R \cdot \operatorname{tg} \alpha$ сила $F_{ц1}$ залишається постійною по всій довжині рамки та викликає прогин сота. Тому на процес скарифікації пергових стільників найбільше впливає складова $F_{ц2}$.

Розглянемо механізм деформації сусідніх пергових осередків під впливом цієї сили на деякий проміжок часу.

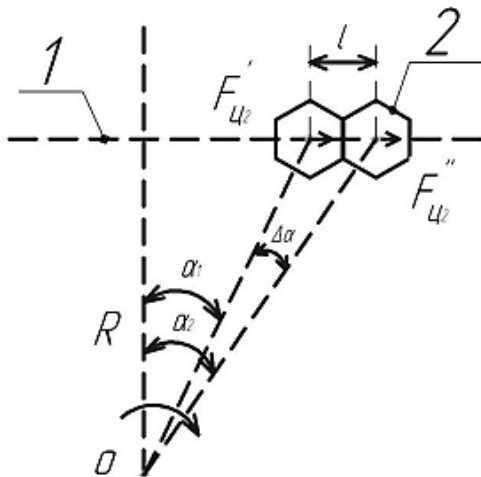


Рисунок 2.22 - Механізм взаємодії гранул перги в сусідніх осередках пергових стільників: 1 - сот; 2 – осередки з гранулами перги.

У стані спокою відстань між осередками 1 залишається постійною. Значить, деформацій і руйнування стільника між осередками не відбувається. Як тільки рамка почне обертатися, виникає відцентрове прискорення, станеться прогин стільника у формі дуги кола та відстань між осередками зміниться.

Так як в результаті деформації стільників прогинається у вигляді дуги кола, остаточно отримаємо загальну відстань між сусідніми осередками пергових стільників.

Руйнування між стінками осередків сота відбуватиметься, якщо буде дотримуватися умова $l_{заг} \geq l$, де l – початкова відстань між сусідніми гранулами перги в осередках сотів.

Значення відцентрової сили, що прогинає стільник і діє на відрив однієї гранули перги від іншої, при різній частоті обертання ротора показані на рисунках 2.23 та 2.24.

Прийнявши середню масу однієї гранули 0,00023 кг, радіус ротора 0,18 м, довжину рамки 0,27 м та частоту обертання ротора від 200 до 400 об/хв. визначимо величину складових відцентрової сили на прогин сота та на відрив однієї гранули від іншої. Оскільки довжина рамки становить 0,27 м і вона розташована в роторі хордіально, то від центру рамки зусилля прогину та відриву однієї гранули від іншої будуть у дзеркальному відображенні.

За результатами розрахунку побудовані залежності значення відцентрової сили прогинальної стільників і діючої на відрив однієї гранули перги від іншої, від відстані з середини стільника при різній частоті обертання ротора (рисунок 2.23, рисунок 2.24).

З залежності видно, що відцентрова сила, що викликає прогин стільника залишається постійною на всій довжині рамки.

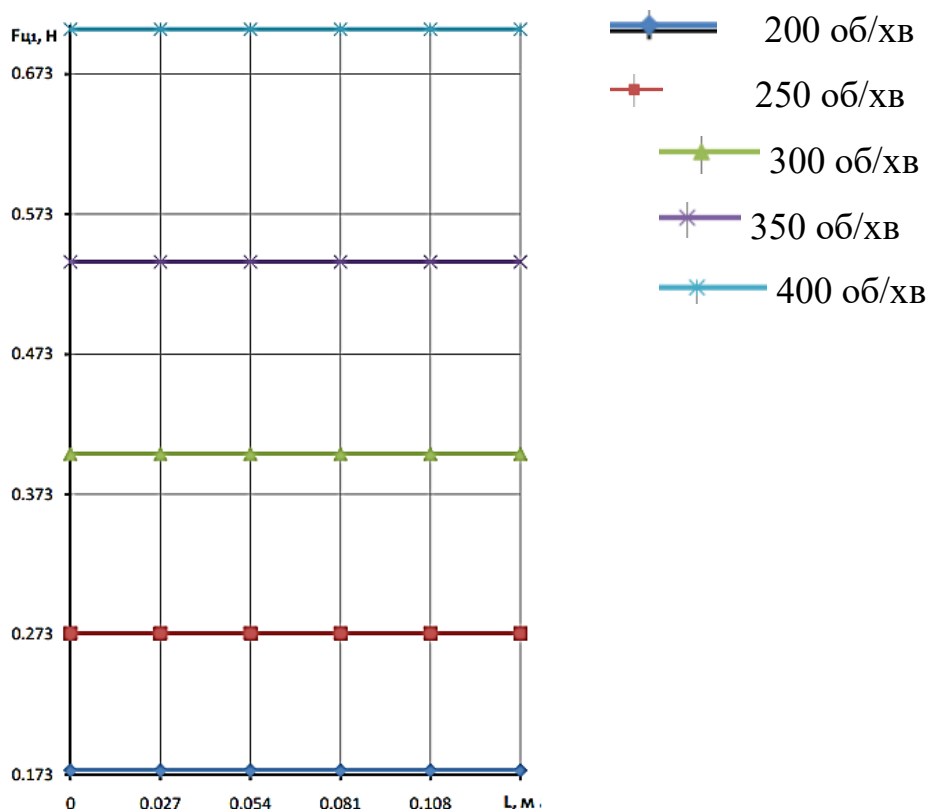


Рисунок 2.23 - Залежність значення відцентрової сили, що прогинає сот, від відстані з середини сота при різній частоті обертання ротора.

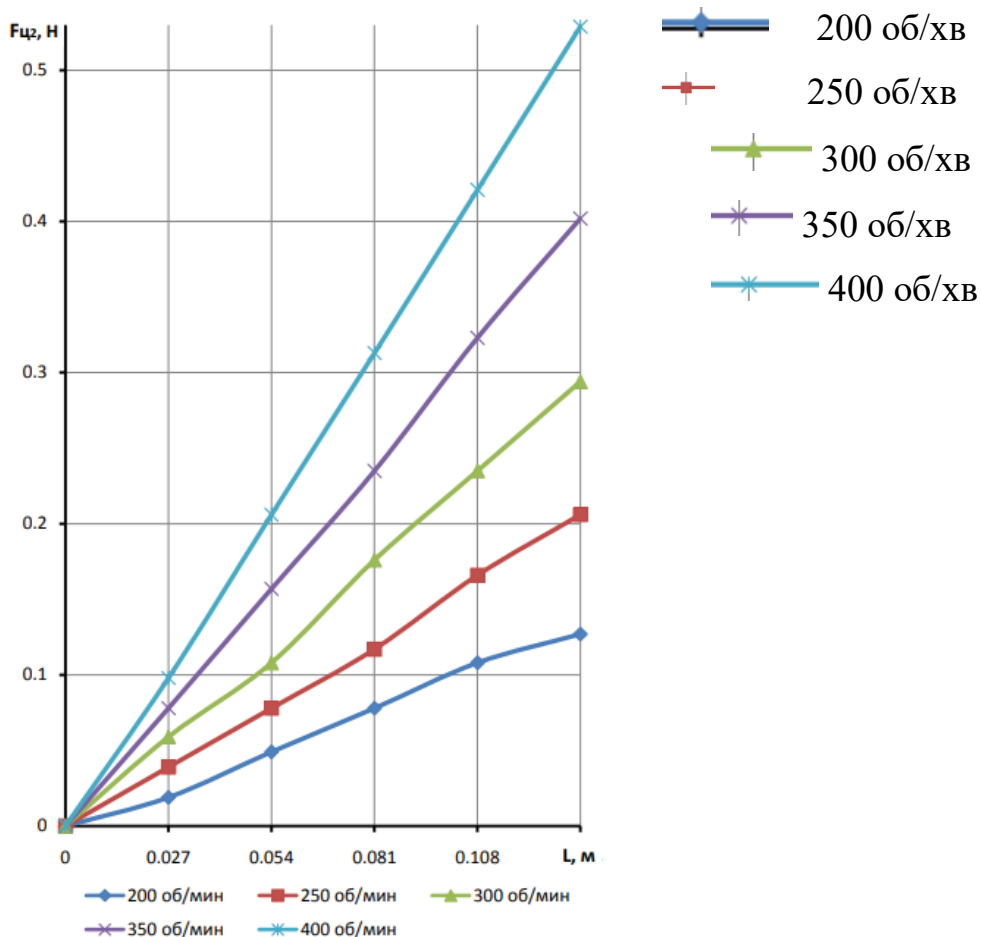


Рисунок 2.24 - Залежність значення відцентрової сили, що діє на відрив однієї гранули перги від іншої, від відстані від середини сота при різній частоті обертання ротора.

З залежності видно, що відцентрова сила, що діє на відрив однієї гранули перги від іншої, збільшується із збільшенням відстані від середини рамки.

Розрахунки показують, що, наприклад, на відстані від середини рамки 0,135 м та частоті обертання ротора 300 об/хв сила відриву однієї гранули від іншої становить 0,294 Н.

2.6 Теоретичне дослідження процесу впливу сил інерції на стільникову рамку.

Розглянемо процес впливу сил інерції на саму стільникову рамку. Так як прискорення не змінюються за величиною та напрямом у процесі навантаження, тоді напруги та деформації можна визначити як при статичному навантаженні зовнішніми силами та силами інерції [10].

Числове значення елементарної сили інерції будемо визначати як вплив на один сотень.

Так як рамка в процесі руху деформується під дією сил інерції, у вигляді стрижневого півкільця приймаємо розрахункову схему навантаження, вважаючи, що сили інерції рівномірно розподілені по колу [80] (рисунок 2.25).

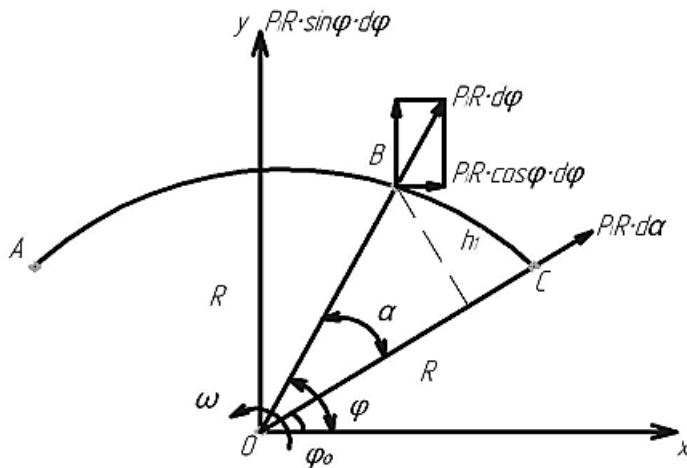


Рисунок 2.25 - Розрахункова схема навантаження.

Визначимо внутрішні силові фактори, що виникають у поперечному перерізі стільника. І тому застосуємо спосіб перерізів, тобто. розсічемо рамку площиною перпендикулярної дотичної в центрі тяжкості кривизни стільника [8] (рисунок 2.26).

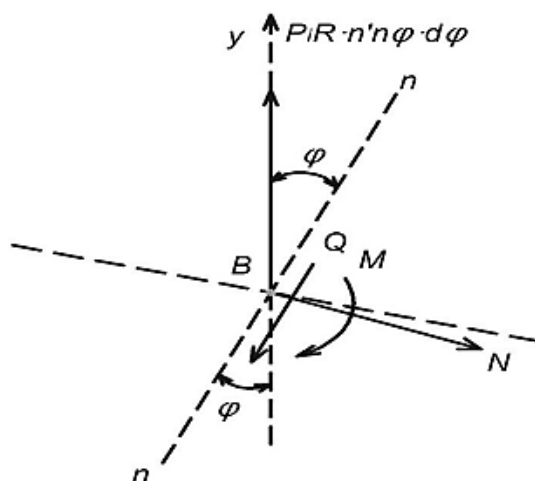


Рисунок 2.26 - Внутрішні силові фактори, що виникають у поперечному перерізі стільника.

Якщо еквівалентна напруга більше допустимих $\sigma_{\text{кв}} > \sigma_{\text{д}}$, то сот може зруйнуватися.

2.7 Визначення необхідної потужності відцентрового скарифкатора для забезпечення процесу скарифкації пергових сотів

Представимо відцентровий скарифкатор як ротор, що обертається, із закріпленими на ньому рамками з перговими стільниками у вигляді прямокутних стрижнів.

Для запобігання руйнації осередків пергових стільників використовується гумова пластина, яка прикріплена до касети і повертає стільники в початкове положення після зняття відцентрового навантаження. Подаємо характер закріплення пластини на рамці (рисунок 2.27).

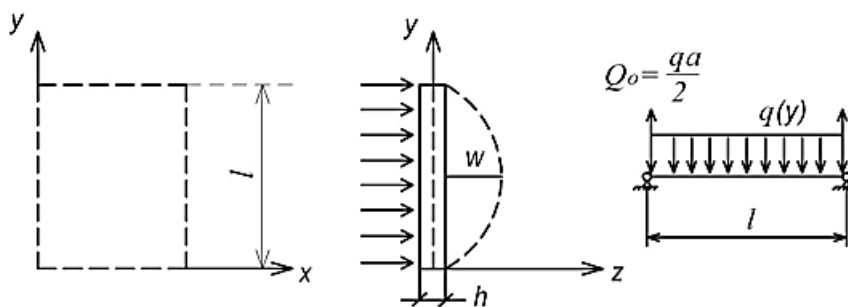


Рисунок 2.27- Характер навантаження та закріплення гумової пластини на кадрі.

В даному випадку, якщо розмір буде більшим за інші розміри по осях z і x , то серединна площина гумової пластини в результаті прогину буде викривлятися по циліндричній поверхні. Для визначення прогину пластини використовуємо диференціальне рівняння вигнутої серединної поверхні пластини та граничні умови $\partial x = 0$ д $4 w q (x)$

На підставі теоретичних припущень можна зробити висновок, що максимальний прогин гумової пластини залежатиме від відцентрового навантаження, довжини та її жорсткості. Процес навантаження пергових стільників після зняття навантаження буде дотримуватися, якщо виконується умова $w_{max} \leq w$, (3.54) де w - прогин рамки з перговими стільниками без її руйнування.

Для того, щоб зчленування перговий сот і гума працювали спільно, необхідно щоб гума в процесі навантаження відцентровою силою стримувала перговий сот від нерівномірного розриву сотових осередків.

Висновки.

З проведених теоретичних досліджень можна зробити такі висновки.

1. Удосконалена технологія вилучення перги з бджолиних стільників повинна включати такі операції: осушення пергових стільників від меду, їхню відцентрову скарифікацію, сушіння, відділення воскопергової маси від рамок, її охолодження, подрібнення та поділ повітряним потоком на пергу та воскову сировину.

2. Відцентровий скарифікатор повинен містити ротор, в якому встановлюються касети з натягнутим гумовим полотном розміщувати пергових сотів. При обертанні ротора разом з гумовим полотном стільників рівномірно прогинається, в результаті чого розриваються оболонки осередків сота, що призводить до їх розгерметизації і доступу теплового агента, необхідного для сушіння перги.

3. Значення відцентрової сили прогинальної стільник, що діє на відрив однієї гранули перги від іншої, залежать від маси гранули, частоти обертання ротора, радіуса ротора і довжини рамки. Відцентрова сила, що прогинає сот, залишається постійною на всій довжині рамки. Відцентрова сила, що діє на відрив однієї гранули перги від іншої, збільшується зі збільшенням відстані від середини рамки. При відстані від середини рамки 0,135 м та частоті обертання ротора 300 об/хв, сила відриву однієї гранули перги від іншої становить 0,294 Н.

4. Теоретично встановлено, що прогин стільника залежить від радіусу розміщення стільника в роторі, маси стільника, його міцності на прогин і частоти обертання ротора. Потужність на привід ротора відцентрового скарифікатора залежить від маси самого ротора та розміщених у ньому стільників, радіуса розміщення стільників у роторі, частоти його обертання та часу скарифікації.

5. Теоретично встановлено, що прогин гумової пластини залежить від модуля пружності, коефіцієнта Пуассона, її товщини та відцентрового навантаження.

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ СКАРИФІКАТОРА ПЕРГОВИХ СТИЛЬНИКІВ.

3.1 Програма та методика досліджень.

Щоб перевірити ефективність роботи скарифікатора пергових стільників, підтвердити теорію процесу скарифікації та визначити оптимальні режими роботи установки були проведені експериментальні дослідження процесу відцентрової скарифікації.

Відповідно до поставленого завдання програма досліджень передбачає:

- визначення впливу прогину пергових стільників на швидкість сушіння перги;
- визначення впливу відцентрового способу скарифікації на швидкість сушіння перги з використанням касет з тканинним та гумовим полотном;
- визначення впливу часу скарифікації на швидкість сушіння перги;
- визначення впливу часу сушіння на швидкість сушіння перги;
- визначення впливу товщини гумового полотна та частоти обертання ротора на швидкість сушіння перги;
- визначення впливу товщини гумового полотна та маси пергового стільника на енерговитрати у процесі скарифікації.

Для перевірки та підтвердження доцільності скарифікації пергових стільників відцентровим способом був проведений пошуковий досвід із застосуванням металевих пластин.

Для визначення необхідного прогину для найбільш ефективної скарифікації пергових стільників були використані вигнуті металеві пластини з різним радіусом кривизни (рис. 3.1, 3.2). Пластини мають однакові розміри.

З пергових стільників вирізали смужки шириною 40-50 мм. Кожен шматок 2 укладали на нижню металеву пластину 3 і притискали його верхньою металевою пластиною 1. Радіус верхньої пластини 1 був більший на величину товщини стільника, ніж радіус нижньої пластини 3. Потім шматок пергового стільника 2 перевертали та прогинали іншу сторону металеві пластини. У такий

спосіб скарифікували шматки пергових стільників, які мали однакову початкову вологість перги.

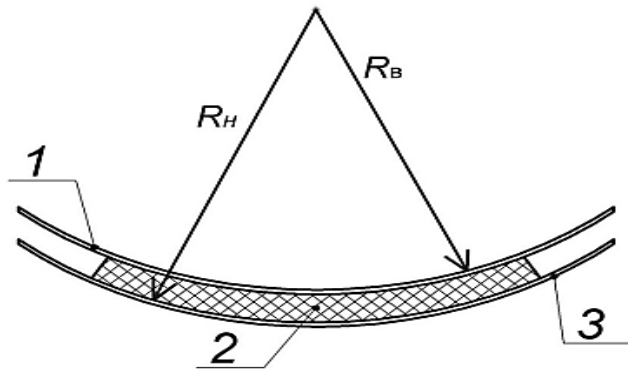


Рисунок 3.1 - Скарифікація вигнутими металевими пластинами: 1 – верхня металева пластина; 2 – шматок пергового стільника; 3 – нижня металева пластина.

Рисунок 3.2 - Вигнуті металеві

Після скарифікації шматки пергових стільників сушили протягом 15 годин при температурі 40-42°С разом з нескаріфікованими шматками стільників на сушильній установці конвективним способом. Вологість перги в шматках пергових стільників визначали через кожні 3 години сушіння.

Досвід проводився у триразовій повторності, результати представлені у додатку Е.

З метою виконання програми досліджень було розроблено установку для відцентрової скарифікації пергових сотів.

Схема установки для відцентрової скарифікації пергових стільників представлена на рисунку 3.3. Установка складається з частотного перетворювача 1, лічильника електроенергії 2 та відцентрового скарифікатора 3.

Відцентровий скарифікатор 3 являє собою металевий корпус циліндричної форми, всередині якого розміщений ротор з чотирма тримачами стільників. Обертання ротора здійснюється за допомогою клинопасової передачі та електродвигуна 4. Частота обертання ротора регулювалася частотним перетворювачем DELTA VFD 007L 21B 1.

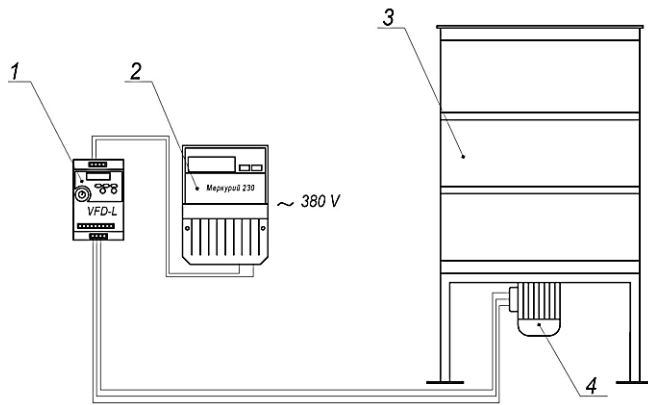


Рисунок 3.3 - Схема установки для відцентрової скарифікації пергових стільників: 1 - частотний перетворювач DELTA VFD 007L 21B; 2 – лічильник електроенергії трифазний Меркурій 230; 3 – відцентровий скарифікатор; 4 – електродвигун.

Загальний вид установки для скарифікації пергових стільників представлений рисунку 3.4.

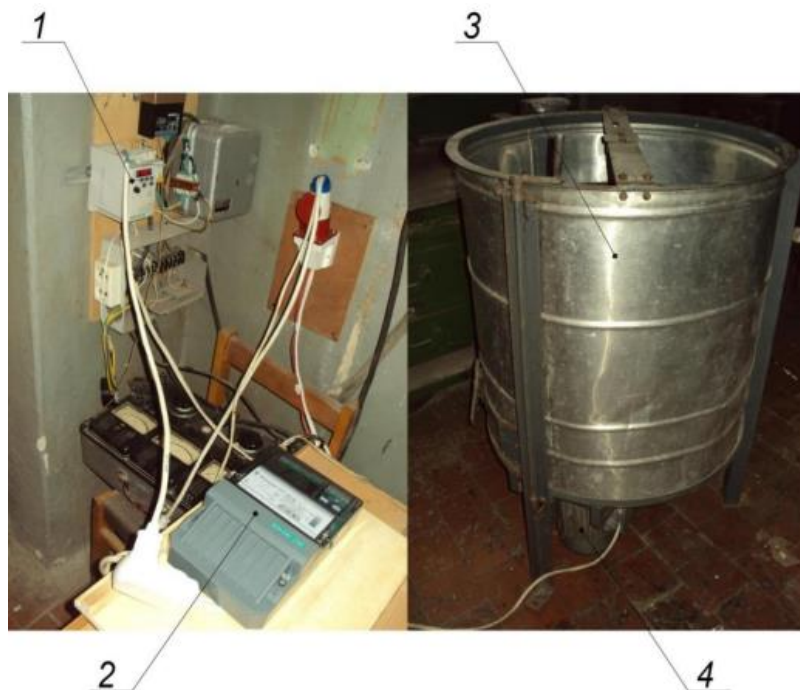


Рисунок 3.4 - Загальний вид установки для скарифікації пергових стільників: 1 - частотний перетворювач DELTA VFD 007L 21B; 2 – лічильник електроенергії трифазний Меркурій 230; 3 – відцентровий скарифікатор; 4 – електродвигун.

Для встановлення необхідної частоти обертання ротора скарифікатора було проведено таріровку частотного перетворювача за допомогою тахометра АКТАКОМ АТЕ-6008 (рисунок 3.5). На частотному перетворювачі виставляли певну частоту вихідної мережі, потім запускали двигун. До верхньої частини

ротора, що обертається, притискали гумову насадку тахометра. Покази знімали після кожного запуску двигуна.

З метою визначення впливу відцентрового способу скарифікації на швидкість сушіння перги були використані касети з тканинним вільно натягнутим і гумовим полотном, що знаходиться в натягнутому стані (Рисунок 3.6, 3.7, 3.8).



Рисунок 3.5 - Тахометр АКТАКОМ АТЕ-6008

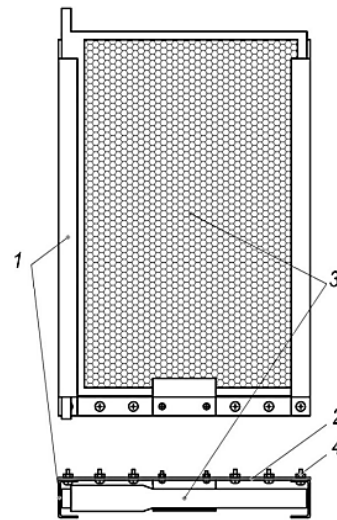


Рисунок 3.6 - Касета з вільно натягнутим полотном для відцентрової скарифікації пергових стільників: 1 – каркас касети; 2 – тканинне полотно; 3 – перговий сот; 4 – болтові кріплення.



Рисунок 3.7 - Касета з гумовим полотном: 1 – каркас касети; 2 – гумове полотно; 3 – болтові кріплення



Рисунок 3.8 - Встановлена в роторі касета з гумовим полотном для відцентрової скарифікації пергових стільників.

У роторі діаметром 600 мм були закріплені касети для скарифікації [9]. У касети встановлювали пергові стільники. Перед скарифікацією виставляли за допомогою частотного перетворювача необхідну частоту обертання ротора.

Після скарифікації однієї сторони стільників зупиняли ротор, витягували пергові стільники і, перевернувши їх на 180° , встановлювали назад для скарифікації іншої сторони. Усі пергові стільники мали однакову початкову вологість перги. Сушіння пергових стільників проводили в корпусах на сушильній установці [8] (рисунок 3.9) конвективним способом при температурі $40-42^\circ\text{C}$ протягом 25 годин. З скарифікованих пергових стільників витягали частину перги визначення вологості. У ході експерименту визначалася початкова вологість перги та протягом усього часу сушіння з інтервалом 5:00.

Установка конвективної сушіння пергових стільників містить електрокалорифер 3, встановлений на раму 2. Електрокалорифер 3 з'єднаний за допомогою кожуха з оцинкованої сталі з верхньою частиною рами 2, на яку встановлюються вуличні 12-рамкові корпуси 1.

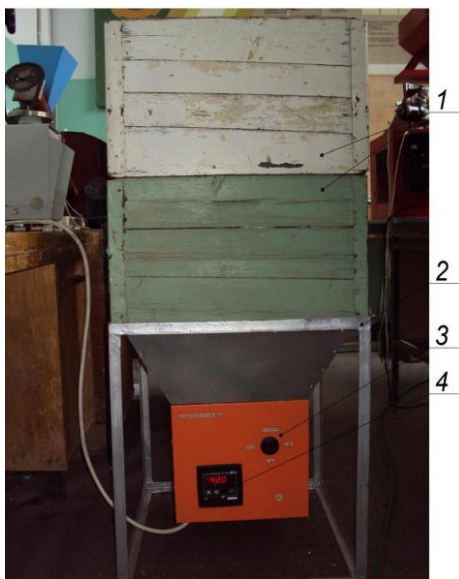


Рисунок 3.9 - Сушильна установка з корпусами: 1 – вуличні корпуси; 2 – рама; 3 – електрокалорифер; 4 - вимірювач -регулятор.

Під вуловими корпусами закріплена дрібна металева сітка для затримки воскової крихти з метою виключення попадання її на теплові елементи електрокалорифера 3, що забезпечує пожежну безпеку процесу сушіння пергових стільників. Для завдання необхідної температури сушіння пергових стільників на корпусі електрокалорифера 3 встановлено вимірювач - регулятор 4 одноканальний мікропроцесорний ОВЕН ТРМ-1, що працює в парі з перетворювачем вимірювання температури 50Р [8].

Щоб визначити прогин воскопергової основи стільника в процесі скарифікації, була розроблена спеціальна касета (рисунок 3.10).

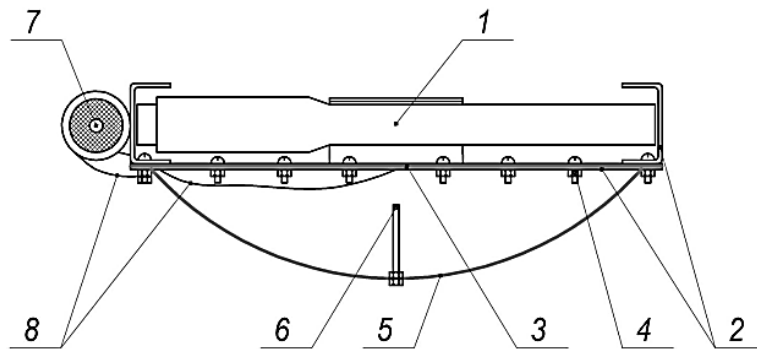


Рисунок 3.10 - Спеціальна касета для визначення прогину воскопергової основи стільника: 1 – перговий сот; 2 – каркас касети; 3 – гумове полотно; 4 – болтові кріплення; 5 – металева дуга; 6 – шпилька; 7 – світловий індикатор; 8 – дроти.

Касета складається з каркаса 2 гумового полотна 3 болтових кріплень 4 металевої дуги 5 шпильки 6 світлового індикатора 7 і проводів 8.

Загальний вид касети для визначення прогину воскопергової основи стільника представлений рисунку 3.11.

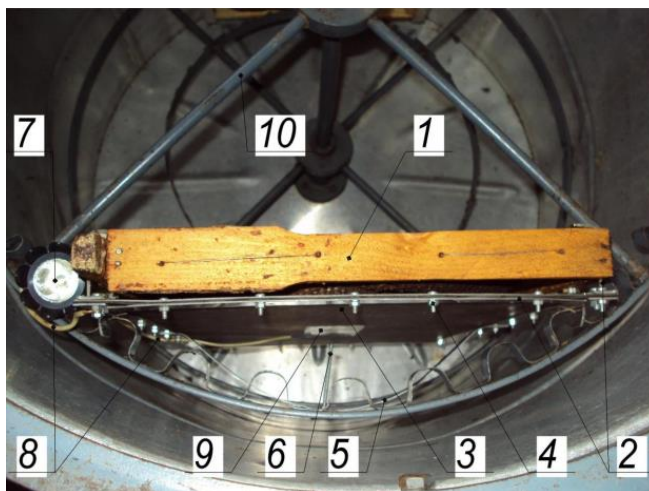


Рисунок 3.11 - Загальний вид касети для визначення прогину воскопергової основи стільника: 1 – перговий сот; 2 – каркас касети; 3 – гумове полотно; 4 – болтові кріплення; 5 – металева дуга; 6 – шпилька; 7 – світловий індикатор; 8 – дроти; 9 – провідник; 10 – ротор.

Перговий сот 1 встановлювали каркас касети 2, на гумовому полотні 3 якої закріплений провідник 9. На зовнішній стороні в середині касети, навпроти провідника 9 розташовується металева дуга 5 і шпилька 6. У роторі 10

закріплений світловий індикатор 7, дроту якого підведений 4 каркаса касети 2 та провіднику 9.

Між кінцем шпильки 6 та провідником 9 робили зазор. Потім починали обертати ротор 10 поступово збільшуючи частоту обертання за допомогою частотного перетворювача. Воскопергова основа стільника прогиналася разом з гумовим полотном 3 і провідником 9. При торканні провідника 9 і кінця шпильки 6 загорялася лампочка світлового індикатора 7. Для зміни зазору були використані шпильки різної довжини. Таким чином, була визначена необхідна частота обертання ротора для прогину основи воскопергової стільника на різну довжину.

Щоб визначити необхідний час скарифікації для прогину воскопергової основи стільника на різну довжину, обертали ротор вже з встановленою необхідною частотою обертання для кожної довжини прогину.

Для визначення впливу часу скарифікації швидкість сушіння перги з пергових стільників витягували гранули перги і визначали її вологість. Вилучення гранул з пергових стільників здійснювали за допомогою агрегату для вилучення перги АП-30 [6, 8, 9] (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 - Загальний вигляд агрегату АП-30: 1 – електродвигун; 2 – завантажувальна горловина; 3 – подрібнювач; 4 – циклон; 5 - пусковий пристрій; 6 – патрубок для відведення воскової сировини; 7 – вивантажувальний патрубок для гранул перги.

Потім відібрані пергові стільники встановлювали в касети [9] гумовим полотном, закріплені в роторі скарифікатора. Ротор обертали, скарифікуючи кожную сторону пергового стільника протягом 10; 15; 20; 25 та 30 секунд. Після скарифікації пергових стільників з обох боків їх встановлювали у вуличні корпуси на сушильній установці [8] (рисунок 3.9) і сушили конвективним способом протягом 25 годин при температурі 40-42 °С. Після кожної п'яти годин сушіння з пергових стільників витягували гранули перги і визначали її вологість. Для визначення вологості використовували сушильний шафу. Вологість визначали за методикою, описаною у підрозділі 2.1.1.

Для визначення впливу часу сушіння швидкість сушки перги визначали початкову вологість гранул перги в сотах. Далі пергові стільники встановлювали в касети [9] з гумовим полотном, закріплені в роторі скарифікатора. Скарифікацію проводили протягом 20 секунд на кожную сторону стільника. Скарифіковані та нескаріфіковані пергові стільники встановлювали у вуличні корпуси на сушильній установці [8] (рисунок 3.9) і сушили конвективним способом протягом 25 годин при температурі 40-42 °С. Після кожної п'яти годин сушіння з пергових стільників витягували гранули перги і визначали її вологість. Для визначення вологості використовували сушильний шафу. Експеримент проводився у триразовій повторності, результати представлені у додатку М.

Щоб визначити вплив товщини гумового полотна та частоти обертання ротора на швидкість сушіння перги було проведено багатофакторний експеримент.

Діапазони варіювання факторів виявлялися під час пошукових експериментів та експериментів щодо визначення впливу параметрів гумового полотна та обертання ротора на швидкість сушіння. Для реалізації досвіду з каталогів планів [5, 9] було обрано симетричний, композиційний, рототабельний, трирівневий план Бокса-Бенкіна другого порядку, представлений у додатку Н. Рівні та інтервали варіювання експерименту наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Фактори та рівні їх варіювання

Рівень та інтервал варіювання	Чинники	
	Товщина гумового полотна $h_{\text{резини}}$, мм	Частота обертання ротора n , об/хв
Верхній рівень (+1)	1,5	360
Основний рівень (0)	1	320
Нижній рівень (-1)	0,5	280
Інтервал варіювання	0,5	40

Середнє значення швидкості сушіння визначалося за формулою (4.1). Скарифікація пергових сотів здійснювалася за вказаних значення факторів, в результаті чого були отримані значення швидкості сушіння перги.

Після виявлення оптимальних значень товщини гумового полотна та частоти обертання ротора був проведений досвід визначення впливу товщини гумового полотна і маси пергових сотів на енерговитрати в процесі скарифікації.

Для проведення досвіду були використані пергові стільники попередньо розбиті на 3 групи за масою: легкі, середні та важкі. Кожен пергових сот зважували вагами YUWEI portable electronic scale.

Діапазони варіювання факторів виявлялися в ході аналізу апріорної інформації та пошукових експериментів. Для реалізації досвіду з каталогів планів [5, 9] було обрано симетричний, композиційний, рототабельний, трирівневий план Бокса-Бенкіна другого порядку представлений у додатку Р. Рівні та інтервали варіювання експерименту наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Фактори та рівні їх варіювання

Рівень та інтервал варіювання	Чинники	
	Товщина гумового полотна $h_{\text{резини}}$, мм	Частота обертання ротора n , об/хв
Верхній рівень (+1)	1,5	1074,11
Основний рівень (0)	1	887,68
Нижній рівень (-1)	0,5	701,25
Інтервал варіювання	0,5	186,43

3.2 Результати дослідження впливу часу сушіння на швидкість сушіння перги.

У процесі дослідження впливу часу сушіння на швидкість сушіння перги були використані пергові стільники з початковою вологістю перги 204-206%. Закріплене на касетах гумове полотно мало товщину 1 мм, частота обертання ротора становила 341 об/хв. За отриманими даними було побудовано залежність швидкості сушіння перги від часу сушіння, подана рисунку 3.13.

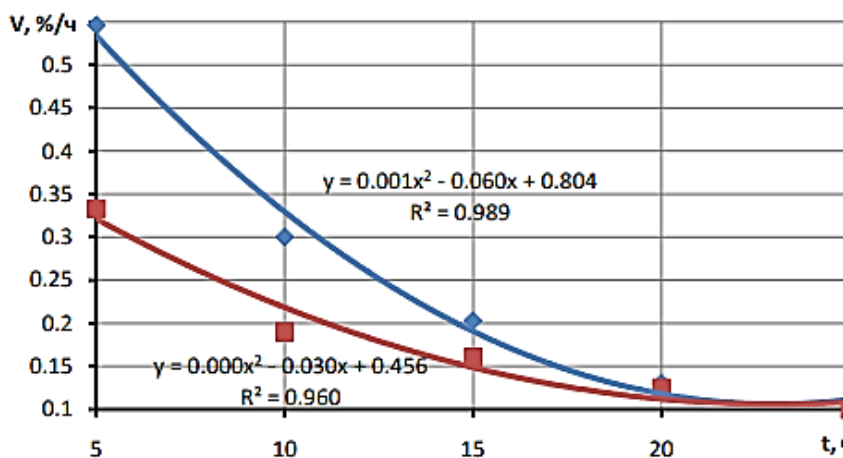


Рисунок 3.13 –Залежність швидкості сушіння перги від часу сушіння.

З рисунка 3.13 видно, що скарифікація дозволяє суттєво збільшити швидкість сушіння в перші години. Після десяти годин у скарифікованих пергових стільників середнє значення швидкості сушіння знижується з 0,546%/год до 0,3 %/год, а середнє значення швидкості сушіння нескаріфікованих пергових стільників знижується з 0,333%/год до 0,19%/год. Потім у всіх сотів швидкість сушіння з часом знижується. Це можна пояснити тим, що в перші години сушіння волога видаляється з поверхні гранул перги.

3.3 Результати дослідження впливу товщини гумового полотна та частоти обертання ротора на швидкість сушіння перги.

У процесі дослідження впливу товщини гумового полотна та частоти обертання ротора на швидкість сушіння перги використовувалися пергові стільники з початковою вологістю перги 197-199%.

Рівні варіювання факторів наведено у таблиці 4.1. План проведення експериментальних досліджень та числові значення отриманих результатів представлені у додатку Н та П.

В результаті статистичної обробки експериментальних даних була отримана математична модель залежності швидкості сушіння перги V від товщини гумового полотна h резини та частоти обертання ротора n об/хв.

З залежності видно, що зі збільшенням товщини гумового полотна швидкість сушіння перги знижується. Збільшення товщини гуми від 1 до 1,5 мм за частоти обертання ротора 320 об/хв призводить до зменшення швидкості сушіння від 0,365 до 0,342 %/год. Збільшення частоти обертання ротора призводить до підвищення швидкості сушіння перги. При збільшенні частоти обертання від 280 до 360 об/хв швидкість сушіння перги збільшується з 0,326 до 0,399 %/год, при товщині гумового полотна 1 мм. Можна зробити висновок, що товщина гумового полотна та частота обертання ротора впливають на швидкість сушіння перги (Рисунок 3.14).

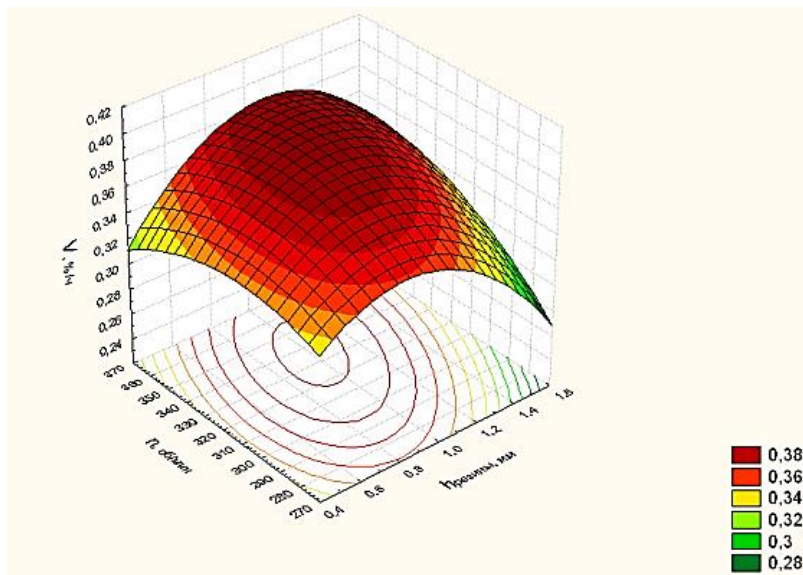


Рисунок 3.14 - Залежність швидкості сушіння перги від товщини гумового полотна та частоти обертання ротора.

Розрахунки та аналіз залежності показують, що раціональними параметрами є товщина гумового полотна 1 мм, а частота обертання ротора 340 об/хв при величині прогину сота 40 мм.

3.4 Результати дослідження впливу товщини гумового полотна та маси пергового стільника на енерговитрати у процесі скарифікації

У процесі дослідження впливу товщини гумового полотна та маси пергового стільника на витрати енергії у процесі скарифікації використовувалися пергові стільники з початковою вологістю перги 19,7-19,9%.

В результаті статистичної обробки експериментальних даних була отримана математична модель залежності енерговитрат у процесі скарифікації $N_{\text{скариф}}$ від товщини гумового полотна $h_{\text{гуми}}$ та маси пергового сота $M_{\text{с}}$

$$N_{\text{скариф}} = 125,0313 - 85,4281 \cdot h_{\text{гуми}} + 0,013 \cdot M_{\text{с}} + 73,3333 \cdot h_{\text{гуми}} \cdot M_{\text{с}} - 4,7953 \cdot 10^{-6} \cdot M_{\text{с}}^2 \quad (4.11)$$

Статистичний аналіз цього рівняння, що включає перевірку відтворюваності експерименту, визначення значущості коефіцієнтів моделі та оцінку адекватності отриманої моделі за критерієм Фішера, показав, що дане рівняння досить точно описує досліджувану залежність. Оскільки модель адекватно описує досліджуваний процес, отже, вона придатна практичного використання. Графічне зображення отриманої моделі показано на рисунку 3.15.

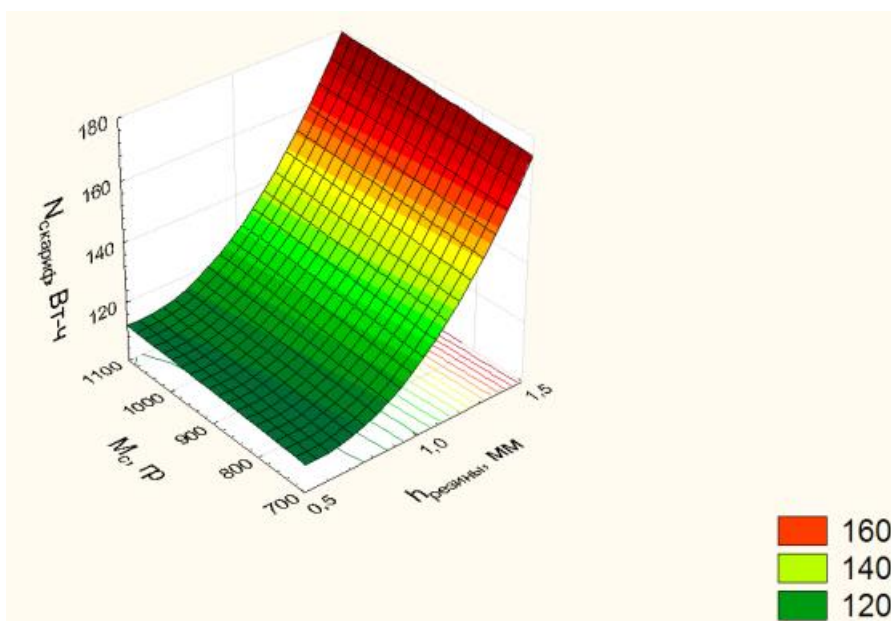


Рисунок 3.15 - Залежність витрат енергії у процесі скарифікації від товщини гумового полотна та маси пергового стільника

З залежності видно, що витрати енергії в процесі скарифікації значно впливає товщина гумового полотна. При збільшенні товщини гумового полотна

від 05 до 15 мм відбувається підвищення енерговитрат в процесі скарифікації від 111 до 177 Вт/год. Це пов'язано з тим, що при збільшенні товщини гумового полотна необхідно збільшити частоту обертання ротора, щоб воскопергова основа сотів прогиналася на необхідну величину. Вплив маси пергового стільника на енерговитрати менш значний. Зі збільшенням маси пергового стільника від 701,25 до 1074,11 г витрати енергії в процесі скарифікації збільшуються від 3 до 7 Вт/год.

Таким чином, найбільш економічно ефективною є скарифікація з товщиною гумового полотна 0,5 мм та масою пергового стільника 701,25 грам. Однак, в процесі експериментів виявилося, що зі збільшенням маси стільника та частоти обертання ротора скарифікатора відбувається розрив гумового полотна товщиною 0,5 мм і нерівномірна скарифікація сотів, викликана утворенням великих тріщин вздовж сота. Тому для скарифікації рекомендується полотно завтовшки 1 мм.

3.5 Результати порівняння теоретичних та експериментальних досліджень

Для підтвердження достовірності результатів теоретичних досліджень рисунку 3.16 представлені залежності прогину воскопергової основи сота від частоти обертання ротора.

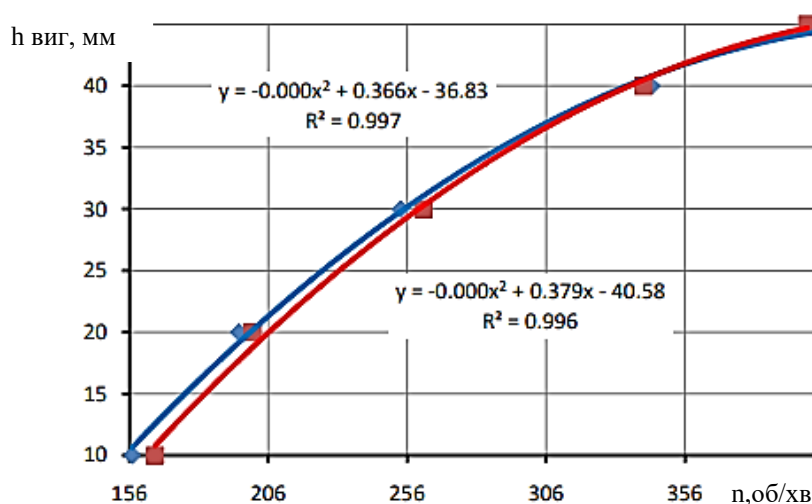


Рисунок 3.16 – Порівняльні залежності прогину воскопергової
 ◇– Теоретична залежність, ■– Експериментальна залежність основи стільника від частоти обертання ротора.

Залежно показують, що розбіжність результатів теоретичних і практичних досліджень вбирається у 5 %.

Висновки.

В результаті проведення експериментальних досліджень процесу роботи скарифкатора пергових стільників можна зробити такі висновки.

1. У сотів скарифікованих металевими пластинами з радіусами $R_n - 363,3$ мм; $R_v - 425$ мм (прогин на 50 мм) порівняно зі скарифікованими металевими пластинами з радіусами $R_n - 1010$ мм; $R_v - 2005$ мм (прогин на 10 мм) середня швидкість сушіння перги у 1,8 рази більша. Це свідчить про те, що можна скарифкувати пергові стільники шляхом їх прогину і тим самим прискорити процес їх сушіння.

2. У перші п'ять годин у гумового полотна середнє значення швидкості сушіння перги більше, ніж у тканинного полотна в 1,38 рази. Таким чином, скарифкація з використанням гумового полотна найбільше ефективна, тому що дозволяє в перші години прискорити процес сушіння пергових стільників.

3. Зі збільшенням часу скарифкації швидкість прогину зростає. Здійснювати прогин пергового стільника більше 45 мм немає сенсу, тому що при перестановці в роторі він може зруйнуватися.

4. Встановлено, що швидкість сушіння перги в стільниках залежить як від часу сушіння, так і часу скарифкації. Найбільша швидкість сушіння спостерігається в перший період, і залежить від часу скарифкації, тобто чим більше час скарифкації стільників, тим вища швидкість сушіння. Приміром, при скарифкації 10 секунд і часу сушіння 5 годин середня швидкість сушіння перги становить 0,272 %/год, а при скарифкації 30 секунд – 0,43 %/год, що у 1,58 разу вище. При збільшенні часу сушіння до 25 годин середня швидкість сушіння незалежно від часу скарифкації знижується і становить приблизно від 0,04 до 0,06%/год.

5. Скарифкація дозволяє суттєво збільшити швидкість сушіння у перші години. Після десяти годин у скарифкованих пергових стільників середнє

значення швидкості сушіння знижується з 0,546%/год до 0,3%/год, а середнє значення швидкості сушіння нескарифікованих пергових стільників знижується з 0,333%/год до 0,19%/год.

6. Встановлено, що товщина гумового полотна та частота обертання ротора впливають на швидкість сушіння перги. Збільшення товщини гуми від 1 до 1,5 мм за частоти обертання ротора 320 об/хв призводить до зменшення середньої швидкості сушіння від 0,365 до 0,342 %/год. При збільшенні числа оборотів від 280 до 360 підвищується середня швидкість сушіння перги з 0,326 до 0,399%/год при товщині гумового полотна 1 мм. Раціональними параметрами є товщина гумового полотна 1 мм та частота обертання ротора 340 об/хв, при величині прогину сота 40 мм.

7. У процесі експериментів виявилось, що зі збільшенням маси стільника та частоти обертання ротора скарифікатора відбувається розрив гумового полотна завтовшки 0,5 мм. Тому найбільш економічно ефективною є скарифікація з товщиною гумового полотна 1 мм та масою пергового стільника 701,25 грам.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ.

4.1. Дослідження системи управління охороною праці в господарстві

Охорона праці – це система правових, організаційно-технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі роботи.

За останні роки помітно зросло насичення пасік сучасними машинами і механізмами, швидко також розвивається присадибне й фермерське бджільництво, тому гостро постає питання забезпечення охорони праці пасічників.

Відповідальність за стан охорони праці в господарстві несе керівник, так як він є власником господарства. Він організовує навчання працівників і контролює виконання діючих правил по виробничій санітарії, безпеці праці, пожежній безпеці.

В разі виникнення нещасного випадку в господарстві проводиться позаплановий інструктаж.

4.2. Розробка проекту інструкції з охорони праці у бджільництві, загальні вимоги.

До роботи по догляду і обслуговуванню бджіл, допускаються особи, які пройшли виробниче навчання, склали іспити кваліфікаційній комісії і отримали кваліфікаційне посвідчення, а також пройшли інструктажі: вступний і первинний з охорони праці та не мають медичних протипоказань. Робітники, що обслуговують електрифіковане обладнання, повинні пройти додаткове навчання та інструктаж з електробезпеки і мати кваліфікаційну групу не нижче III.

Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту повинні відповідати умовам і характеру виконуваної роботи. Упевніться, що вони не мають пошкоджень, елементів, що звисають, не прилягають і можуть бути захоплені деталями, що обертаються або рухаються. Засоби індивідуального захисту повинні відповідати розміру працюючого, застосовуватися в

справному, чистому стані за призначенням і зберігатися в спеціально відведених та обладнаних місцях з дотриманням санітарних правил.

4.3. Вимоги безпеки перед початком роботи та під час виконання роботи.

Надіньте спецодяг. Огляньте робоче місце. Переконайтесь, що проходи між вуликами не захащені, інвентарем, транспортними засобами, сторонніми предметами тощо.

Переконайтесь у наявності аптечки першої допомоги і її комплектності.

Під час виконання роботи будьте уважні, не відволікайтесь, поведіться з бджолами спокійно, впевнено, не грубо. При наближенні до тварин окликніть їх спокійним владним голосом. Не кричіть, не дражніть. Грубе поводження може викликати захисні рухи, що можуть стати причиною травмування працівників.

При огляді бджолосімей на пасіці пасічник повинен надіти захисний одяг а голову й обличчя закрити спеціальною сіткою . Не дозволяється оглядати бджолосім'ї у вітряну погоду , а також у вечірній час . При огляді пасічник може отримати жалення від бджіл . При укусі бджоли потрібно : вилучити жало, змазати ранку 10 % розчином нашатирного спирту, прикласти до рани вазелін , а при сильному отруєнні терміново доставити потерпілого в лікарню.

При перевезенні вуликів на медозбір необхідно пам'ятати, що перед відправленням транспорту з бджолами пасічник повинен взяти з собою аптечку для надання першої медичної допомоги (йод, бинт, нашатирний спирт, джгут та ін.).

4.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При аварії або відключенні електроенергії відключіть обладнання, припиніть роботу і повідомте керівника робіт.

При виникненні пожежі подайте сигнал пожежної небезпеки, негайно повідомте про це керівника робіт, пожежну частину і приступіть до гасіння пожежі наявними засобами (вогнегасники, внутрішній пожежний гідрант, пісок, земля, брезент), виключіть всі електрифіковані установки та обладнання, евакуюйте людей і тварин з небезпечної зони.

При нещасному випадку на робочому місці з працівником звільніть потерпілого від дії небезпечного фактора і надайте йому першу (долікарську) допомогу. Викличте швидку медичну допомогу або вживайте заходів щодо транспортування потерпілого у найближчу лікувальну установу і повідомте керівника робіт.

У випадку травмування припиніть роботу, надайте необхідну першу долікарську допомогу, при необхідності зверніться до лікаря, повідомте керівника робіт.

4.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Приберіть робоче місце. Очистіть інструмент, інвентар, пристрої і покладіть у відведене місце.

Зніміть і приведіть в порядок спецодяг і засоби індивідуального.

Помийте руки і обличчя теплою водою з милом.

Разом із приймаючим зміну огляньте вулики. Переконайтесь у наявності та справності інвентарю, обладнання. Зверніть увагу змінника на поведінку бджіл та здайте чергування. Зробіть відповідні записи в журналі.

Дії в надзвичайних ситуаціях: При виникненні надзвичайних ситуацій розроблені плани по локалізації та ліквідації аварій з подальшим погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій. Виходячи з цього, ст. 130 Кодексу цивільного захисту України.

РОЗДІЛ 5 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СКАРИФІКАЦІЇ ПЕРГОВИХ СІТ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ, РЕЗУЛЬТАТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

5.1 Програма та методика досліджень

Теоретичні та експериментальні дослідження, представлені в цій роботі, дозволили виявити раціональні параметри процесу відцентрової скарифікації пергових сітльників. З їх використанням було розроблено та виготовлено виробничий зразок скарифікатора. Потрібно було визначити продуктивність і питомі енерговитрати установки, а як впливають обрані параметри установки для скарифікації пергових сітльників на крихтість гранул перги.

Тому метою виробничих досліджень є:

- визначення зниження вологості перги від часу сушіння;
- визначення продуктивності та питомих енерговитрат розробленої установки для скарифікації пергових сітльників;
- визначення крихкості гранул перги при її вилученні з пергових сітльників при скарифікації різними способами і без скарифікації.

Для проведення виробничих досліджень у проблемній науково-дослідній лабораторії інноваційних та енергоресурсозберігаючих технологій та засобів механізації в рослинництві та тваринництві було виготовлено дослідно-виробничу установку для скарифікації пергових сітльників, виконану згідно з технологічною схемою, представленою на рисунку 3.2. Загальний вигляд дослідно-виробничої установки наведено на рисунку 5.1. Схема технологічного процесу вилучення перги представлена на рисунку 3.1.

Установка для скарифікації пергових сітльників складається з корпусу 1, електродвигуна 2, ротора 5 та закріплених на ньому касет 3. На каркасі касет 3 закріплено гумове полотно 4.

Працює скарифікатор в такий спосіб. У касети з гумовим полотном вставляли пергові сітльники, а самі касети в скарифікатор. Потім включали в роботу ротор і при заданій частоті обертання скарифікацію виробляли певний

час. Після скарифікації сотів з одного боку їх перевертали та скарифікували з іншого боку.

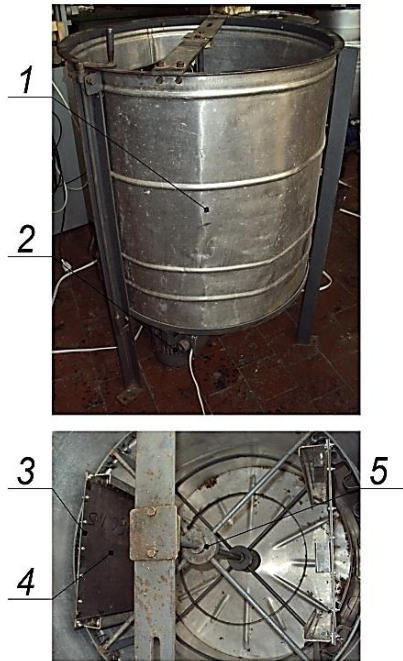


Рисунок 5.1 – Загальний вигляд дослідно-виробничої установки для скарифікації пергових стільників: 1 – корпус; 2 – електродвигун; 3 – касета; 4 – гумове полотно; 5 – ротор.

Робота технологічної лінії, в яку включений скарифікатор пергових стільників, проходить наступним чином. Осушені від залишків меду пергові стільники 1 скарифікують відцентровим способом. Цю операцію проводять на дослідно-виробничій установці 2 для скарифікації пергових стільників (рис. 3.1).

Далі кожен з чотирьох вуличних корпусів 4 встановлюють по 10-12 пергових стільників на відстані 7-10 мм один від одного. Перед установкою стільників у вуличні корпуси їх обтрушують від крихти. Потім перший вуличний корпус встановлюють на сушильну установку 3, але в нього три інших. У процесі сушіння корпусу міняють місцями. Під час сушіння вентилятор засмоктує повітря, яке, проходячи через електронагрівач, нагрівається і подає його у вуличні корпуси з перговими стільниками. Нагріте повітря забирає з собою вологу з гранул перги в стільниках. Пергові стільники сушать при температурі 40 - 42 °С, до отримання перги з вологістю 14 - 15%.

Потім від рамок 5 вручну відокремлюють воскопергову масу 6 і поміщають її в холодильну камеру 7. Охолодження воскопергової маси

здійснюється з метою надання крихких властивостей воску, щоб при її подрібненні надалі звільнити пергові гранули від воскової основи. Час охолодження залежить від температури. Наприклад, якщо температура близька до нульової, то стільники охолоджувати потрібно 2-3 години, а якщо мінус 5-7 °С, то приблизно хвилин 30-40. Готовність до переробки пергового стільника легко перевіряється натисканням на воскову масу рукою. Якщо вона розсипається і стає у вигляді крихти, то сот можна пускати на подальшу переробку, тобто подрібнення. Охолоджену воско-пергову масу подрібнюють на агрегаті 8 для вилучення перги. Подрібнення відбувається під впливом штифтів при обертанні валу ротора.

Вентилятором створюється висхідний повітряний потік, який забирає воскову сировину через відповідний патрубок у мішок 10, а більш важкі гранули перги потрапляють у тару для перги 9.

Для визначення впливу часу сушіння зниження вологості перги визначали початкову вологість гранул перги в сотах. Далі пергові стільники встановлювали в касети [9] з гумовим полотном, закріплені в роторі скарифкатора. Скарифкацію проводили протягом 30 секунд на кожную сторону стільника. Скарифковані та нескарфковані пергові стільники встановлювали у вуличні корпуси на сушильній установці [8] і сушили конвективним способом протягом 30 годин при температурі 40-42 °С. Після кожної п'яти годин сушіння з пергових стільників витягували гранули перги і визначали її вологість.

Для визначення продуктивності та питомих енерговитрат установки для скарифкації пергових стільників були відібрані стільники із середньою масою.

Для визначення крихтості гранул перги були відібрані пергові стільники з початковою вологістю 194-196%. Пергові стільники скарифкували різними способами і далі сушили до вологості 14-15% на установці сушильної СП-40. З висушених пергових стільників вирізали шматочки і зважували їх на терезах ВЛКТ-500. Перед вилученням перги на агрегаті АП-30 вирізані шматочки охолоджувалися в побутовому холодильнику при температурі 0 °С протягом 60 хвилин, щоб надати воску тендітних властивостей. У процесі вилучення

гранул перги фіксували зміну сили струму протягом часу за допомогою мультиметра DT-9205A та відеокамери. Після цього проводили покадрове дослідження відеозапису у програмі Pinnacle Studio. Потім будувалися залежності сили струму від часу кожного шматка, якими визначалася питома потужність, затрачувана на подрібнення сотів скарифікованих різними способами.

Для визначення кришкості з отриманої перги відбиралися залишки воскової сировини, а очищена перга сепарувалася на решітці з діаметром 4 мм отворів [7, 17].

5.2 Результати виробничих випробувань

У проблемній науково-дослідній було проведено виробничі випробування скарифікатора відцентрового типу для скарифікації пергових стільників.

У процесі дослідження впливу часу сушіння на зниження вологості перги були використані пергові стільники з початковою вологістю перги 204-206%. При скарифікації пергових стільників за результатами експериментальних досліджень використовувалися раціональні конструктивно-технологічні параметри установки. Частота обертання ротора становила 340 об/хв, товщина гумового полотна на касетах – 1 мм. За отриманими даними, була побудована залежність зниження вологості перги від часу сушіння, представлена на рисунку 5.2.

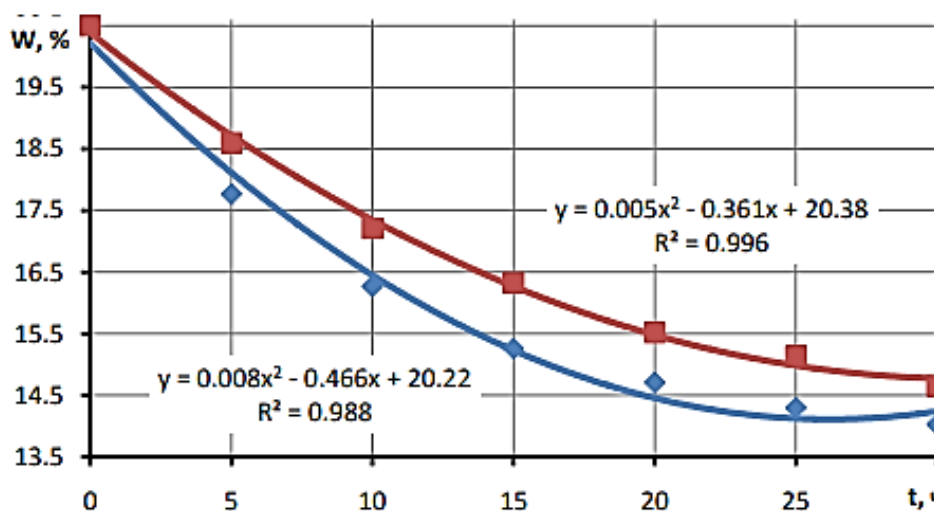


Рисунок 5.2 – Залежність зниження вологості перги від часу сушіння:
 ◇– Скарифіковані стільники; ■– Нескаріфіковані стільники

З рисунку 5.2 видно, що час сушіння скарифікованих пергових стільників до вологості 15% становить близько 19 годин, а час сушіння нескаріфікованих пергових стільників становить близько 25 годин. Скарифікація пергових стільників відцентровим способом дозволяє скоротити час сушіння на 6 годин.

Характеристика установки для скарифікації пергових сотів представлена таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Технічна характеристика установки для скарифікації пергових стільників

Показник	Значення
Діаметр ротора, мм	600
Кількість касет у роторі, шт.	4
Товщина гумового полотна на касетах, мм	1
Потужність електродвигуна, кВт	0,7
Частота обертання ротора, об/хв	340
Питомі енерговитрати, кВт-год/сот	0,008
Продуктивність, сот/год	80
Габаритні розміри, мм	
Висота	1550
Ширина	720
Вага	45

Результати дослідження крихкості гранул перги представлені таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Результати дослідження крихтості гранул перги при її вилученні з пергових стільників при скарифікації різними способами.

Спосіб скарифікації	Середня крихтітність гранул, %	Середні витрати енергії на вилучення гранул, кВт-год/кг
Прорізання	19,82	0,0255
Проколювання	14,60	0,0313
Відцентровий	10,66	0,0267
Без скарифікації стільників	10,01	0,0396

З аналізу таблиці видно, що найменша крихтітність у стільників без скарифікації, оскільки на них не виявлялося жодного впливу. Середня крихтітність гранул при відцентровому способі скарифікації склала 10,66%, що менше в 1,9 рази порівняно зі скарифікацією прорізанням, в 1,4 рази порівняно з проколюванням, і майже збігається з нескаріфікованими стільниками. Мінімальні витрати енергії на вилучення гранул за способу скарифікації

прорізанням. Середні витрати енергії на вилучення гранул при відцентровому способі скарифікації менше 1,2 і 1,5 рази порівняно зі скарифікацією проколюванням і без скарифікації склали 0,0267 кВт-год/кг.

5.3 Результати застосування установки

За час випробувань було скарифіковано 198 пергових сотів від бджільницького господарства. Час скарифікації сотів склало 30 секунд на кожную сторону стільника. Час на сушіння перги в стільниках скоротилося на 31% порівняно з нескаріфікованими стільниками і склало 19 годин.

У ході випробування відцентрового скарифікатора були використані стільники із середньою вологістю 19-20 %, взяті з пасіки.

За час випробувань було скарифіковано 217 пергових сотів. Час одного циклу скарифікації становив 3 хвилини. Від отриманої перги після переробки сотів прибуток склав 6,2 тисячі гривень.

На виробничій пасіці здійснено виробничі випробування комплекту обладнання для вилучення перги з бджолиних стільників.

Дослідження проводили на стільниках, відібраних у середньоросійської породи бджіл, з початковою вологістю 24-18%. Сушіння проводили до кінцевої вологості перги 14 - 15%.

Перед сушінням для зменшення витрат енергії стільники скарифікували в відцентровому скарифікаторі. У роторі закріплювали 4 касети з гумовим полотном завтовшки 1 мм і встановлювали в них пергові стільники. Пергові стільники скарифікували при частоті обертання ротора 340 об/хв. Питомі витрати на скарифікацію сотів склали 0,0125 люд.год/сот, а витрати енергії 0,008 кВт.год/сот.

Сушіння здійснювалося у вуличних корпусах встановлених на сушарку СП-40 при температурі 40-42 °С. Час сушіння скарифікованих стільників склав 19-20 годин, а питомі витрати 1,66 кВт-год/сот (5,23 кВт-год/кг перги).

Трудомісткість відділення воскопергової маси від рамок ручним способом становила 0,0185 люд.год/сот.

Після охолодження шматків пергових стільників у холодильнику до температури 4-5 °С їх подрібнювали в агрегаті АПП-30.

У процесі вилучення продуктивність агрегату становила 32 сота на годину (8,8 кг/год), кількість перги, що витягується, з сотів склала 98,2 %, а кількість воскових домішок в перзі - 4,9 %, трудомісткість 0,025 люд.год/сот (0,081 люд.год/кг (перги), питома енергоємність процесу 0,0375 кВт.год/кг.

За період експлуатації обладнання було перероблено 720 сотів. Отримано 224,6 кг перги. Втрата перги при сепарації в агрегаті АПП-30 склала 18% від загальної кількості перги. Відмов та поломок обладнання за період випробування не спостерігалось.

5.4 Економічна ефективність застосування установки для скарифікації пергових стільників.

Розрахунок економічної ефективності застосування установки для скарифікації пергових сотів проводився згідно з методикою, викладеною у відповідних роботах [2, 3, 5, 14, 16, 17] на підставі результатів виробничих випробувань, літературних даних та рекомендованих довідкових нормативів.

Основні вихідні дані для розрахунку техніко-економічних показників представлені у таблиці 5.3.

Річний обсяг перероблених пергових сотів розраховувався на середньостатистичної пасіки в сто бджолосімей. Від однієї бджолої сім'ї можна відбирати від 3 до 5 пергових сотів [4, 12], тому приймемо середню кількість 4 пергових сот.

Річний обсяг перероблених пергових стільників складе $A \text{ рік} = 100 \cdot 4 = 400 \text{ шт}$

Річні витрати праці на процес скарифікації пергових стільників у скарифікаторі СПС-70

$$T_{СПС-70} = 10,0133 \cdot 400 = 5,32 \text{ люд./год},$$

у скарифікаторі відцентрового типу

$$T_{ЦТ} = 10,0125 \cdot 400 = 5 \text{ люд./год}.$$

Питомі витрати на скарифікацію пергових стільників у скарифікаторі СПС-70 $\text{ТСПС}-70 = 5,32 = 0,049$ люд./год, у скарифікаторі відцентрового типу $\text{Туд} = 112,6 = 0,044$ чкгч.

Таблиця 5.3 - Основні вихідні дані для розрахунку техніко-економічних показників.

Показник	Одиниця виміру	Скарифікатори пергових стільників	
		СПС-70	центробіжного типу
1. Балансова вартість скарифікатора	грн.	24000	17400
2. Продуктивність	сотів/год	75	80
3. Кількість обслуговуючого персоналу	люд	1	1
4. Потужність скарифікатора	кВт	1,5	0,7
5. Час скарифікації одного стільника	год	0,0133	0,0125
6. Закупівельна ціна пергового стільника	грн	90	90
7. Ціна реалізації 1 кг перги	грн	1500	1500
8. Годинна тарифна ставка	грн	150	150
9. Доплата за продукцію	%	25	25
10. Відрахування на соціальні потреби	%	30,2	30,2
11. Амортизаційні відрахування	%	14,2	14,2
12. Відрахування на ТО, ремонт та зберігання	%	7	7
13. Коефіцієнт використання робочого дня	-	0,9	0,9
14. Ціна 1 кВт/год	грн	3,5	3,5

Збільшення продуктивності процесу скарифікації внаслідок використання нової установки для скарифікації

Техніко-економічні показники представлені у таблиці 5.4. Аналізуючи таблицю 5.4, можна сказати, що основні показники

запропонованої установки для скарифікації пергових стільників краще, ніж аналогічні показники скарифікатора СПС-70. При переробці 400 сотів на рік економічний ефект при оцінці за показником приросту прибутку становив 8993 гривень, а термін окупності скарифікатора відцентрового типу становив 1,93 року.

Таблиця 5.4 – Техніко-економічні показники.

Показник	Одиниця виміру	Скарифікатори пергових стільників	
		СПС-70	відцентрованого типу
1. Річний обсяг перероблених пергових стільників	Шт	400	400
2. Витрати на оплату праці	грн	12,98,74	1220,62
3. Витрати електроенергію	грн	27,93	12,25
4. Витрати на амортизаційні відрахування	грн	3408,0	2470,8
5. Витрати на ТО, ремонт та зберігання	грн	16,80,0	1218,0
6. Прямі витрати	грн	6414,67	4921,67
7. Питомі витрати праці	люд./год/кг	0,049	0,044
8. Річні витрати праці	люд/год	5,32	5
9. Збільшення продуктивності	%	-	6,67
10. Коефіцієнт енерговитрат	-	-	0,47
11. Зниження витрат енергії на процес скарифікації	%	-	53
12. Річний прибуток від виробленої продукції	грн	118985,33	127978,33
13. Річний економічний ефект від запровадження нової установки	грн	-	8993,0
14. Термін окупності	год	-	1,93

Висновки.

На підставі виконаних виробничих досліджень процесу скарифікації пергових стільників у скарифікаторі відцентрового типу можна зробити такі висновки.

1. Виробничі випробування скарифікатора відцентрового типу показали його працездатність. Раціональним режимом роботи установки для скарифікації пергових стільників є: частота обертання ротора 340 об/хв, час скарифікації на кожен сторону стільника 30 секунд і товщина гумового полотна закріпленого на касетах 1 мм.

2. Час сушіння скарифікованих пергових стільників до вологості 15% становить близько 19 годин, а час сушіння нескарфікованих пергових стільників становить близько 25 годин. Скарифікація пергових стільників відцентровим способом дозволяє скоротити час сушіння на 6 годин.

3. У ході виробничих випробувань продуктивність установки становила 80 сотів/год, питомі енерговитрати 0,008 кВт-год/сот, а питомі витрати 0,0125 люд.год/сот.

4. У процесі вилучення перги зі стільників середня крихтість гранул при відцентровому способі скарифікації склала 10,66 %, що менше в 1,9 рази порівняно зі скарифікацією прорізанням і в 1,4 рази порівняно з проколюванням.

5. Застосування скарифікатора відцентрового типу економічно доцільніше, оскільки він має перевагу за основними техніко-економічними показниками. При переробці 400 пергових сотів на рік економічний ефект при оцінці за показником приросту прибутку становив 8993 гривень, а термін окупності скарифікатора відцентрового типу становив 1,93 року.

ВИСНОВКИ

На підставі результатів виконаних теоретичних та експериментальних досліджень можна зробити наступний висновок та рекомендації виробництву.

1. Аналіз сучасних способів та засобів вилучення перги з бджолиних стільників показує, що однією з найважливіших операцій, що прискорює процес сушіння гранул перги, є скарифікація. Існуючі способи скарифікації, такі як зрізання або прорізання ножами, проколювання кришечок пергових гранул мають суттєві недоліки, що полягають у тому, що через різну довжину гранул в соті не всі вони скарифікуються.

2. Пропонована технологія вилучення перги з бджолиних стільників повинна включати осушення стільників від меду бджолами, відцентрову скарифікацію, сушіння перги в стільниках, відділення воскопергової маси від рамок, її охолодження, подрібнення та поділ подрібненої маси повітряним потоком на пергу та воскове. Відцентровий скарифікатор повинен включати ротор з можливістю встановлення касет з натягнутим гумовим полотном, в які закладаються пергові стільники. При обертанні ротора скарифікатора за рахунок дії відцентрових сил сот прогинається, що призводить до розриву воскових оболонок осередків стільника, їх розгерметизації, забезпечуючи тим самим доступ теплоагента до гранул перги і прискорення процесу сушіння.

3. Встановлено, що зі 100 обстежених стільників, основна частина гранул перги знаходиться в серединній частині і становить 74,5 %. Довжина гранул перги варіюється від 3,8 до 11,9 мм, а середньостатистична довжина становить 7,2 мм. Маса перги в обстежених стільниках коливається від 72 до 955 грам. Середньостатистичне значення маси перги в стільниках 312,55 грам, що становить 41,82% маси пергового стільника.

Вологість перги в обстежених стільниках знаходиться в межах від 13 до 23%, а для зберігання вона має бути знижена шляхом сушіння до вологості 14-15%.

Темні стільники руйнуються при більших навантаженнях, ніж світлі. Величина руйнівних навантажень при консольному закріпленні значно менше, ніж при закріпленні стільників між двома вертикальними опорами.

4. Теоретично встановлено, що величина прогину стільника залежить від радіусу розміщення стільника в роторі відцентрового скарифікатора, маси стільника, його міцності та частоти обертання ротора. Потужність на привід ротора відцентрового скарифікатора залежить від маси ротора з розміщеними в ньому стільниками, радіусу розміщення стільників у роторі, частоти його обертання та часу скарифікації.

Теоретично встановлено, що прогин гумової пластини залежить від модуля пружності, коефіцієнта Пуассона, її товщини та відцентрового навантаження. Теоретично встановлено, що при діаметрі ротора 600 мм, частоті обертання 340 об/хв, прогин стільника становить 41,6 мм.

5. Встановлено, що швидкість сушіння перги в стільниках зменшується з часом і залежить від тривалості скарифікації. Найбільша швидкість сушіння перги досягається при скарифікації 30 секунд, і дорівнює 0,43%/год, що в 1,58 рази вище, ніж 10 секундної скарифікації. Для скарифікації на касетах краще застосовувати гумове полотно, ніж тканину, так у першому випадку досягається рівномірніша вологість перги.

Встановлено, що товщина гумового полотна повинна дорівнювати 1 мм, частота обертання ротора - 340 об/хв і тривалість скарифікації 30 секунд на кожен стільник. При цьому досягається максимальна швидкість сушіння перги в стільниках, що дорівнює 0,43%/год.

6. У ході виробничих випробувань відцентрового скарифікатора, забезпеченого 4 касетами, продуктивність склала 80 сотів/год, питомі енерговитрати 0,008 кВт-год/сот, а питомі витрати праці 0,0125 люд.год/сот, середня крихтість гранул при центральної скарифікації становила 10,66 %, що менше 1,9 рази проти скарифікацією прорізанням та в 1,4 рази порівняно з проколюванням.

7. Скарифікатор відцентрового типу економічніший порівняно з голчастим УПС-70. При переробці 400 пергових сотів на рік економічний ефект становить 8993 гривень, а термін окупності скарифікатора відцентрового типу – 1,93 року.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аветесян, Г.А. Бджільництво/Г.А. Аветесян. - М: Колос, 1975. -296 с.
2. Адлер, Ю.П. Планування експерименту під час пошуку раціональних умов / Ю.П. Адлер, Є.В. Макарова, Ю.В. Грановський. - М: Наука, 1976. - 279 с.
3. Астрадаускене, А.Е. Що ми знаємо про перг / А.Е. Астрадаускене, К.В. Кадзяускене // Бджільництво. – 1990. – № 7. – С. 30-32.
4. Бабиш І.А., Мегедь А.Г. Бджільництво. К.: Урожай, 1979. 248 с.
5. Білаш, Н.Г. Вплив запасів перги на якість бджіл/Н.Г. Білаш // Бджільництво. – 1990. – № 4. – С. 6-7.
6. Бугера С.І. Світова організація торгівлі та галузь бджільництва України. Пасіка. №1. 2009. С.3-5.
7. Виробнича енциклопедія бджільництва // Алексеєнко Ф.М. та ін. К.: Урожай, 1966. 500 с.
8. Галімов С. М. Технологія виробництва продукції бджільництва : курс лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2019. 107 с.
9. Гера О. Лікувальні властивості меду. Укр. пасічник. 1997. №10. С. 38-39.
10. Головецький І., Скрипник В. Особливості зберігання меду. Укр.пасічник. № 11. 2006. С. 36-39.
11. Горніч М. Стан ринку продукції бджільництва в Україні. Бджолярський круг. №1. 2009. С.5-6.
12. Гунько М.М. Бджільництво. Малий енциклопедичний довідник. Вінниця: Книга-Вега, 2004. 160 с.
13. Дружбяк А. Кристалізація та зберігання меду. Укр.пасічник. № 9. 2006. С.48-49.
14. Жиглій В.О. Головний медозбір та як краще його використати. Укр. пасічник. 2005. № 3. С. 9–10.
15. Жулай В.Є., Новик О.Л. Мінеральний склад різних сортів меду. Пасіка. 1998. № 9. С. 22.
16. Іванова В. Д. Технологія виробництва продуктів бджільництва. Миколаїв: МДАУ, 2009. 245 с.

17. Іойріш, Н.П. / Бджоли - крилаті фармацевти // М.: Наука, 1966. - 204 с.
18. Каширін, Д.Є. Удосконалення технології вилучення перги/Д.Є. Каширін // Матеріали міжнародної наукової конференції «Бджільництво 21 століття». – М., 2000. – С.161-162.
19. Кирьянов Ю.Н. Технология производства и стандартизация продуктов пчеловодства. М.: Колос, 1998. 160 с.
20. Ковальський Ю. В., Кирилів Я. І. Вплив кормової добавки на якість зимівлі бджіл. Наук.вісник НАУ. 2004. № 74. С. 185-190.
21. Коцюмбас О. Бджільництво Європейського Союзу. Укр.пасічник. №9. 2007. С.37-40.
22. Коцюмбас О. Світовий ринок меду. Укр.пасічник. №10. 2007. С.41-44.
23. Лебедев, В.І. Перга та її заготівля на пасіці // Бджільництво. -2005. - №8. – С. 50-51.
24. Мачекас, А.Ю. Про зберігання пилку/А.Ю. Мачекас, К. У Кадзеускепі // Бджільництво. – 1987. – № 2. – С. 29-30.
25. Мегедь О. Г., Поліщук В.П. Бджільництво. К.: Вища школа, 1987. 336 с.
26. Мед натуральний. Технічні умови : ДСТУ 4497:2005 – ДСТУ 4497:2005. [Чинний від 2005-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2016. 21 с.
27. Методика визначення економічної ефективності нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій у машинобудуванні для тваринництва та кормовиробництва. - М.: ВНДПІ, 1986. - 51 с.
28. Методика визначення економічної ефективності технологій та сільськогосподарської техніки. - М.: РІЦ ДЕРЖАННЯ., 1998. - 331 с.
29. Методика визначення економічної ефективності технологій та сільськогосподарської техніки. - М: МСХ і П РФ., 1998.
30. Миронов, Г.А. Пилок – цінний продукт харчування/Г.А. Миронов // Бджільництво. – 1996. – № 4. – С. 41-43.
31. Мирось В.В. Бджільництво. Х., 2007. 278 с.
32. Мирось В.В., Ковтун С.Б. Практикум з бджільництва. Х.: ХНАУ, 2014. 192 с.

33. Налімов, В.В. Статистичні методи планування екстремальних експериментів/В.В. Налімов, А.А. Чернова. - М: Наука, 1965. - 327 с.
34. Налімов, В.В. Таблиці планів експерименту для факторних та полінамінальних моделей / В.В. Налімов. - М: Металургія, 1982. - 750 с.
35. Некрашевич, В.Ф. Видобувати пергу стало простіше/В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, С.В. Некрашевич, Т.В. Торженева. // Бджільництво. – 2012. – № 9. – С. 46-47.
36. Некрашевич, В.Ф. Вилучення перги з бджолиних стільників / В.Ф. Некрашевич, Д.Є. Каширін, С.В. Винокур. // Бджільництво. – 2002. – № 5. - С. 47.
37. Некрашевич, В.Ф. Вилучення перги із сотів / В.Ф. Некрашевич, В.І. Бронников // Бджільництво. – 1988. – № 10. – С. 29-30.
38. Некрашевич, В.Ф. Механізована технологія вилучення перги/В.Ф. Некрашевич, В.І. Бронніков, Д.Є. Каширін, С.В. Винокуров // Матеріали 2-ої міжнародної наукової конференції «Інтермед-2001». -Рибне, 2001. – С. 72-73.
39. Некрашевич, В.Ф. Теорія відцентрової скарифікації пергових сотів / В.Ф. Некрашевич, А.С. Попов, Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко // Вісник РДАТУ. - 2024. - № 2. - С. 41-44.
40. Некрашевич, В.Ф. Технологічна лінія вилучення перги /В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко, Н.Б. Нагаєв, К.В. Буренін, Є.І. Буреніна // Бджільництво. - 2015. - № 9. - С. 56-59.
41. Некрашевич, В.Ф., Будков С.А., Бронніков В.І. Вилучення перги із сотів // Бджільництво. - 1988. - № 10. - С. 29-30.
42. Пилипенко В.П., Гайдар В.А. Технологія ведення пасіки і якості бджолопродукції. Укр.пасічник. 2010. № 4. С. 10–13.
43. Поліщук В., Головецький І., Скрипник В. Як уберегти мед від бродіння. Укр.пасічник. № 12. 2019. С. 40-44.
44. Поліщук В.П. Бджільництво. Львів: Редакція журналу «Укр. пасічник», 2021. 296 с
45. Поліщук В.П., Безпалый І.Ф. Переробка нектару в мед. Пасіка. №12. 2009. С.26.

46. Скоромна О. І., Разанова О. П. Технологія виробництва продукції бджільництва. Вінниця, 2020. 408 с.
47. Фінанси. Навчальний посібник. - М.: Фінанси та статистика, 1997. 108.
- Фоміна, В.А. Перга у кардіології / В.А. Фоміна, В.Г. Окороків та ін // Бджільництво. – 2014. – № 2. – С. 58.
48. Шанченко Н. Б., Щербина О.Б. Мед та бджолине обніжжя. Черкаси : Брама-Україна, 2005. 95 с.
49. Якубчак О.М. та ін. Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продуктів тваринництва. Київ, 2005. С. 715-730.
50. Lindenfelser LA // Ann. Bee J. - 1967. - V.107. - N.3,4. - P. 90 - 130.
51. Olstrom JM Pollen трепещує практики деяких dos і don'ts. - Am. Bee J., 2014, 124, 4: 292-297.
52. Skeiweit H. Krafte und Beanspruchuger в Strohpresen - RKTL Schriften Heftes, 1938, s 30 - 35.